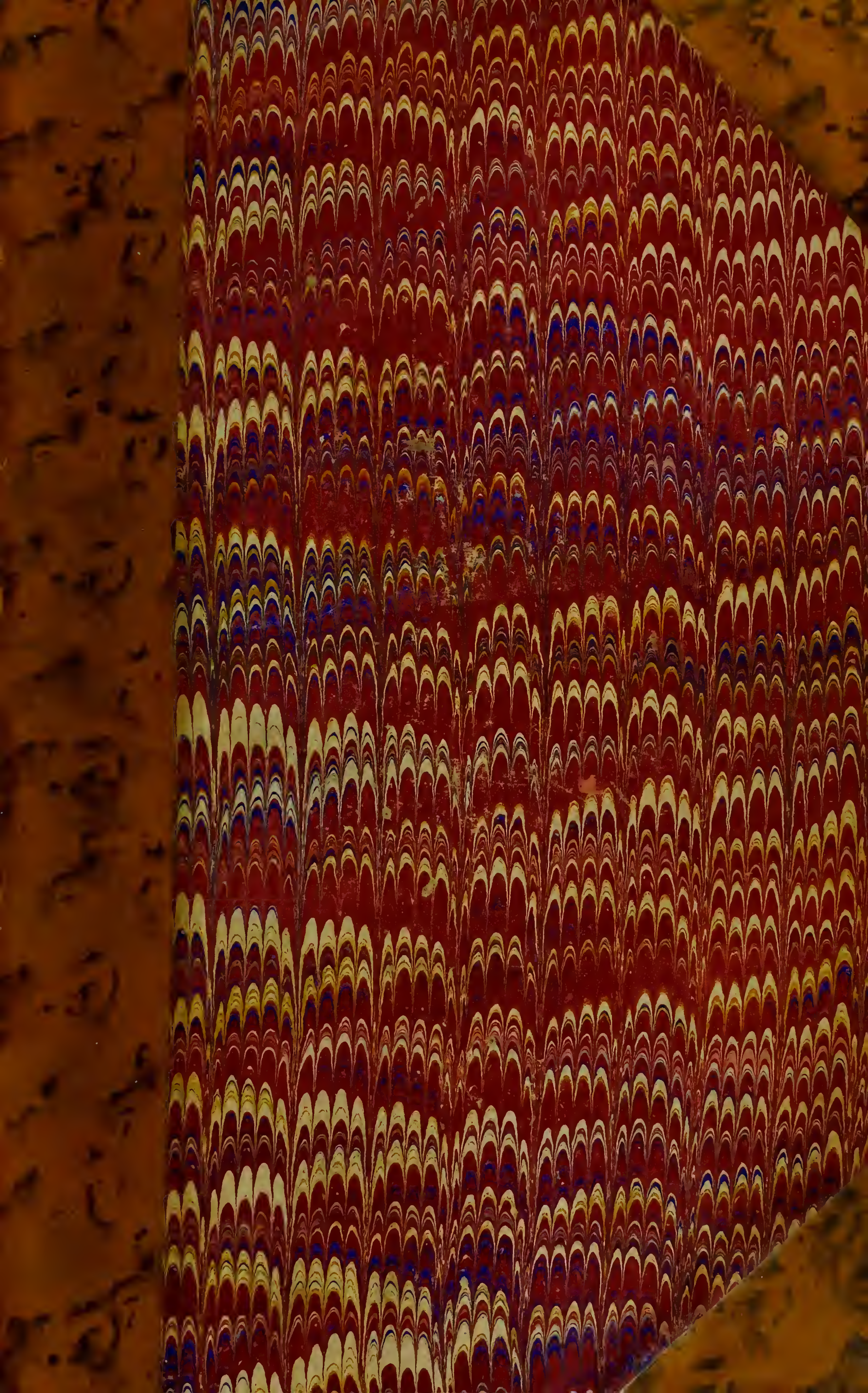
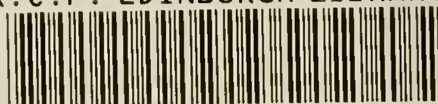


28,43



LE

MICROSCOPE

Corbeil. — Typ. et stér. de Crété fils.

Dr J. PELLETAN

LE MICROSCOPE

SON EMPLOI ET SES APPLICATIONS



Avec 278 figures dans le texte et 4 planches

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

—

M DCCC LXXVI

PRÉFACE

Il n'est aucun instrument qui ait rendu à la science de plus grands services que le microscope ; il n'en est aucun dont l'usage soit plus général.

Indispensable dans le laboratoire du savant, il a pénétré jusque chez l'industriel et chez l'agriculteur, qui lui doivent pour leurs travaux journaliers des moyens d'investigation aussi simples que précis.

Adopté enfin par ceux qui ne font pas des études scientifiques leur occupation particulière, il a contribué à développer chez eux le goût des sciences d'observation, et à élargir la classe de ces chercheurs bénévoles auxquels la science doit plus d'une conquête. Aussi le nombre est-il grand de ceux qui demandent un livre simple, à la portée de tous, et initiant à la fois le lecteur à la pratique de l'instrument et aux éléments des sciences dont il facilite l'étude.

Tous les ouvrages publiés dans notre pays, quel que soit d'ailleurs leur mérite, s'adressent exclusivement à des lecteurs spéciaux : les uns n'embrassent pas l'ensemble de la science du microscope ; les autres n'ont pas été écrits dans un but de vulgarisation.

L'Angleterre, au contraire, possède un traité bien connu,

celui de Carpenter (*The Microscope and its revelations*), qui, bien qu'écrit pour les gens du monde en même temps que pour les savants, a certainement contribué dans une large mesure aux progrès de la micrographie.

C'est le même livre que, sur des proportions un peu moindres, nous avons voulu faire en France.

Notre ouvrage est divisé en quatre parties, la première consacrée à l'étude de l'instrument, les autres à celle de ses applications.

Dans les chapitres qui traitent du microscope en lui-même, nous avons décrit sa construction, les pièces qui le composent, ses propriétés, ses ressources, les procédés de son emploi ; et nous nous sommes abstenu dans nos explications de recourir aux lois de l'Optique mathématique et transcendante, pour invoquer seulement les notions les plus élémentaires et que tout le monde possède sur la marche et la composition des rayons lumineux.

Les applications du microscope sont trop nombreuses, pour que nous ayons pu espérer d'en présenter un tableau complet ; nous nous sommes borné aux principales, l'histologie, la botanique, et l'étude des animaux inférieurs, et dans ce cadre déjà bien vaste pour l'étendue de ce volume, nous avons dû nous restreindre à ce qui nous a paru nécessaire pour guider le lecteur dans des recherches plus approfondies.

C'est ainsi que pour l'histologie, et particulièrement pour l'histologie humaine, nous avons dû nous contenter de tracer un résumé rapide mais général des principaux points de la science, renvoyant le lecteur, pour plus de détails, aux ouvrages spéciaux, notamment au traité de Kölliker et au *Manuel* de Duval et Lereboullet.

La botanique micrographique a été de notre part l'objet

d'un travail plus étendu, d'abord parce que son étude est plus facile, plus attrayante même pour la majorité des lecteurs, qui ne sont pas tous anatomistes et auxquels peuvent répugner les dissections sanglantes de l'histologiste; puis, parce que son champ est actuellement un des plus vastes et des mieux explorés ; enfin, parce que les ouvrages didactiques sur ce sujet font presque absolument défaut.

C'est pourquoi, après avoir décrit les tissus et les organes qu'on retrouve, sauf de légères modifications, dans toutes les plantes Phanérogames, nous avons passé en revue successivement les familles Cryptogames, dont chacune, au contraire, se distingue par des particularités remarquables. Après le monde des Champignons avec lequel notre santé, notre industrie, notre agriculture ont tant à compter, celui des Algues nous a plus particulièrement occupé ; les Algues, qui comprennent les Desmidiées et les Diatomées, cette joie et ce désespoir des micrographes, les Diatomées, ces pierres de touche de nos objectifs, pour l'examen desquelles ont été construits les plus parfaits, les plus admirables, — et les plus coûteux de tous les instruments ; — les Diatomées, enfin, qui ont fait faire à l'art si difficile de la construction des objectifs plus de progrès, peut-être, que tous les êtres réunis de la création.

Puis, les Vibrioniens et tous ces corpuscules étranges qui s'agitent dans les bas-fonds de la vie, nous ont servi de transition pour aborder, par l'histoire si curieuse des Infusoires, des Rhizopodes et des Rotateurs, la zoologie microscopique des Invertébrés.

Dans cette dernière partie, nous n'avons pu que signaler rapidement les principaux détails d'organisation qu'on remarque chez les Zoophytes, les Mollusques, les Annelés et les Articulés ; car leur examen au point de vue histologique

peut se faire à l'aide des procédés déjà indiqués à propos de l'histologie humaine, et l'exposé complet de leur structure (qui eût exigé plusieurs gros volumes) fait, malgré le rôle important, nécessaire, qu'y joue le microscope, exclusivement partie du domaine de l'anatomie et de la physiologie comparées ou de la philosophie zoologique.

Nous avons eu soin de prendre toujours pour exemples des animaux et des plantes vulgaires qu'on trouve facilement partout, afin que chacun puisse reproduire aisément les préparations décrites ; — à la suite des principaux articles, nous avons indiqué la manière la plus simple de faire ces préparations et les objectifs dont l'usage est le plus commode ou le plus avantageux pour chaque genre d'observation.

Tel est, en quelques mots, le plan que nous avons cru devoir adopter et qui nous a semblé faciliter le plus aux commençants la connaissance et la pratique du microscope. C'est, nous l'avons pensé, le meilleur moyen d'atteindre le but que nous nous sommes proposé : faire un livre de vulgarisation avec lequel le lecteur, ayant les connaissances générales de physique et d'histoire naturelle que tout homme instruit possède aujourd'hui, puisse aborder avec profit pour lui-même, et peut-être pour la science, l'étude du microscope, dans laquelle il trouvera, à chaque pas, les enseignements les plus utiles en même temps que la plus intéressante des distractions.

J. P.

LE

MICROSCOPE

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

En abordant l'étude du microscope et l'exposition des procédés qui constituent la manière de l'employer, nous devons supposer que nos lecteurs possèdent les notions d'optique théorique nécessaires à l'intelligence de ces procédés ; car la connaissance, au moins générale, des lois qui président à la marche des rayons lumineux est indispensable à quiconque voudra étudier le microscope d'une manière sérieuse.

Aussi croyons-nous devoir, en commençant, rappeler d'une manière rapide les principes suivants, qui sont fondamentaux et dominent toute la question qui nous occupe.

La lumière se meut en ligne droite dans un milieu homogène.

Les rayons lumineux se réfléchissent sur les surfaces polies en formant un *angle d'incidence* égal à l'*angle de réflexion*. On appelle angle d'incidence l'angle que forme le rayon incident avec la nor-

male à la surface réfléchissante passant au point d'incidence ; l'angle de réflexion est celui que forme le rayon réfléchi avec la même normale.

Ces surfaces polies et opaques constituent les *miroirs.*

En se réfléchissant à la surface des miroirs plans, les rayons lumineux émanés des différents points d'un objet éclairé donnent à l'œil de l'observateur la sensation d'une image de l'objet située derrière le miroir et dans une position *symétrique* à celle de l'objet en avant du miroir. Cette image est *virtuelle* ou *imaginaire,* c'est-à-dire qu'elle n'existe pas réellement dans l'espace et n'est due qu'à une illusion : l'œil la rapporte à la position que lui assignerait la direction des rayons lumineux qu'il reçoit, prolongés derrière le miroir.

Réfléchis sur une surface concave et sphérique, les rayons lumineux sont concentrés en un point situé en avant du miroir et qu'on appelle *foyer.* Si les rayons incidents sont parallèles et venus d'un point situé à l'infini, le soleil par exemple, ils se réfléchissent en un point situé au milieu du rayon de courbure du miroir et qu'on appelle le *foyer principal.* Ils y forment une image *réelle* du point lumineux, image qu'on peut projeter sur un écran.

Si l'objet lumineux est placé au foyer principal, les rayons, suivant une marche inverse, se réfléchissent de manière qu'après leur réflexion sur la surface concave, ils sont rendus parallèles les uns aux autres et ne se rencontrent plus ; il n'y a plus d'image réelle, ou, comme on dit, l'image est à l'infini.

Si l'objet lumineux, que nous avons d'abord supposé à l'infini, se rapproche du miroir en s'avançant sur l'axe de celui-ci, l'angle d'incidence devenant de plus en plus petit, l'angle de réflexion devient aussi de plus en plus petit et les rayons vont concourir en un point de l'axe qui s'éloigne de plus en plus du miroir, l'objet et le foyer allant au-devant l'un de l'autre ; de sorte que, tandis que l'objet lumineux parcourt, sur l'axe du miroir, toute la distance de l'infini au centre de courbure, le foyer vient du foyer principal à ce même centre où l'objet et le foyer se réunissent, les rayons se réfléchissant sur eux-mêmes puisqu'ils frappent normalement la surface du miroir.

Si l'objet lumineux continue à s'avancer en deçà du centre vers

le miroir, le foyer s'éloigne rapidement au delà de ce point et vient prendre successivement toutes les positions qu'occupait l'objet précédemment; et, quand l'objet sera au foyer principal, les rayons réfléchis ne se rencontreront plus qu'à l'infini, c'est-à-dire seront parallèles, comme nous l'avons dit.

Ainsi, chaque position du point lumineux entre l'infini et la distance focale principale fournit un foyer qui lui est *conjugué* et où se trouve une image réelle de l'objet. Si l'on place l'objet où était le foyer, l'image se transporte au point où était l'objet. Ces deux points s'appellent *foyers conjugués* du miroir, parce que, si l'objet lumineux se trouve sur l'un, le foyer se trouve sur l'autre.

Si le point lumineux est placé entre le foyer principal et le miroir, ses rayons se réfléchissent en divergeant et ne donnent plus que des images virtuelles.

Ce dernier cas est le seul qui se présente quand les rayons lumineux se réfléchissent sur des surfaces convexes, et les miroirs sphériques convexes, comme ces boules argentées que l'on place dans les jardins, ne donnent que des images virtuelles et déformées des objets.

Lorsque les rayons lumineux frappent la surface d'un milieu transparent plus dense que celui dans lequel ils se meuvent, une partie de ces rayons se réfléchit sur cette surface d'après la loi de la réflexion que nous venons de rappeler, l'autre traverse le milieu transparent en subissant dans sa direction une déviation qu'on appelle *réfraction*.

On nomme *angle de réfraction*, l'angle que forme le rayon dévié ou réfracté dans le second milieu avec la normale au point d'incidence.

Lorsqu'un rayon passe ainsi d'un milieu dans un autre, l'angle d'incidence et l'angle de réfraction sont dans un rapport constant. Ce rapport constitue l'*indice de réfraction* du second milieu relativement à l'autre.

Si le second milieu est plus dense ou plus réfringent que le premier, le rayon se réfracte en se rapprochant de la normale au point d'incidence, tout en restant dans le même plan que cette normale

et le rayon incident. C'est ce qui arrive quand un rayon passe de l'air dans l'eau ou dans le verre.

Si le second milieu est moins dense ou moins réfringent que le premier, le rayon se réfracte en s'éloignant de la normale au point d'incidence et en restant dans le même plan. C'est ce qui arrive quand un rayon passe de l'eau ou du verre dans l'air.

Lorsque les rayons lumineux frappent normalement la surface de séparation de deux milieux, l'angle d'incidence étant nul, l'angle de réfraction, qui en est fonction, devient nul aussi et les rayons ne se dévient pas.

Quand les rayons frappent la surface de séparation de deux milieux très-obliquement et en formant un angle d'incidence qui est dit alors *maximum* ou *angle limite*, ils ne la traversent plus, mais se réfléchissent totalement sur elle comme sur un miroir. C'est ce qu'on appelle la *réflexion totale.*

Quand les rayons traversent un milieu limité par deux surfaces parallèles, comme une lame de verre, ils se réfractent à leur entrée en se rapprochant de la normale ; mais ils se réfractent à leur sortie en s'éloignant de la normale d'une quantité égale. Ils sortent donc parallèlement à eux-mêmes et n'ont subi, en traversant la lame, qu'un déplacement, abaissement ou élévation, qui n'a pas modifié leur direction.

Mais si les surfaces d'entrée et de sortie des rayons ne sont pas parallèles, si elles limitent entre elles un espace prismatique, le rayon réfracté, à son entrée dans le prisme, en se rapprochant de la normale, s'éloignera de celle-ci à sa sortie, et sera d'autant plus dévié et abaissé vers la base du prisme que l'angle de celui-ci sera plus grand.

Si l'on suppose deux prismes égaux accouplés base à base, les rayons émanés d'un même point placé en avant des prismes se trouveront rapprochés après les avoir traversés : ceux qui frappent le prisme supérieur étant abaissés vers la base commune des deux prismes, ceux qui frappent le prisme inférieur étant élevés vers cette base.

Si l'on assemble deux prismes par le sommet, les rayons émanés d'un point situé en avant du système seront au contraire éloignés les uns des autres par leur réfraction dans les deux prismes.

C'est ce phénomène qui explique la marche des rayons lumineux dans les *lentilles*. Une lentille, limitée par des portions de surface sphérique, peut être considérée comme un polyèdre formé d'un nombre infini d'éléments de surfaces planes, les surfaces d'un côté jouant avec celles de l'autre côté le rôle des faces d'autant de prismes élémentaires.

Nous considérerons donc deux espèces de lentilles, les lentilles *convergentes* qui sont *convexes* ou *plan-convexes* et les lentilles *divergentes* qui sont *concaves* ou *plan-concaves*.

Il existe encore des lentilles dont l'une des faces est concave et l'autre convexe. Elles sont tantôt convergentes, tantôt divergentes, suivant que l'une des courbures l'emporte sur l'autre.

Il y a à faire sur les lentilles convergentes, convexes ou plan-convexes, un raisonnement semblable à celui que nous avons fait relativement aux miroirs convergents ou concaves. La marche des rayons lumineux dans ces lentilles donne naissance à deux foyers conjugués situés l'un en avant, l'autre en arrière de la lentille, et tels que si le point lumineux occupe l'un d'eux, son image se place à l'autre, et réciproquement.

Quand le point lumineux est situé à l'infini, comme le soleil, le foyer est placé de l'autre côté, à une distance *minima* de la lentille ; — c'est le *foyer principal*. Si le point lumineux se rapproche sur l'axe de la lentille, le foyer s'éloigne de l'autre côté ; et quand le point lumineux est arrivé à la distance focale principale, le foyer conjugué s'éloigne jusqu'à l'infini, c'est-à-dire que les rayons émergents, derrière la lentille, sont parallèles et ne se rencontrent plus.

Quand le point lumineux s'est rapproché de la lentille jusqu'à être placé entre elle et le foyer principal, les rayons sortent en divergeant, et il n'y a plus qu'un *foyer virtuel* qui passe du même côté que le point lumineux et qui est obtenu par la prolongation, de ce côté, des rayons réfractés divergents.

Dans tous les autres cas, c'est-à-dire quand le foyer lumineux est placé à l'infini ou qu'il est plus ou moins près de la lentille, mais, à une distance plus grande que la distance focale principale, les rayons qui en émanent, viennent, en se concentrant à l'autre foyer, donner une image réelle de l'objet lumineux. Cette image est réelle,

c'est-à-dire qu'elle existe dans l'espace et qu'on peut la recueillir sur un écran. On constatera ainsi, de même que par le raisonnement, par le calcul et par la construction graphique, que cette image est renversée. On remarquera, par les mêmes procédés, que si l'objet lumineux est à l'infini (le soleil), l'image placée au foyer principal est *minima;* quand l'objet se rapproche, et tant qu'il est à une grande distance sur l'axe de la lentille, l'image qu'on en recueille sur l'écran est plus petite que l'objet et s'éloigne très-lentement en augmentant très-peu de dimensions, de sorte que, quand l'objet est arrivé, en avant de la lentille, à une distance double de la distance focale principale, l'image se place, à la même distance, en arrière, et présente exactement les mêmes dimensions que l'objet. Enfin, quand l'objet dépasse cette distance double de la distance principale et s'approche encore de la lentille, l'image s'éloigne avec une extrême rapidité, en s'agrandissant et en s'effaçant ; si bien que, quand l'objet est au foyer principal, en avant, l'image s'enfuit à l'infini, en arrière ; on ne peut plus la recueillir, et encore moins lorsque, l'objet lumineux placé entre le foyer principal et la lentille, l'image est devenue virtuelle et imaginaire.

Une lentille plan-convexe produit le même effet sur les rayons lumineux qu'une lentille biconvexe de même longueur focale.

Plus le rayon de courbure des lentilles convexes est petit, plus la courbure est prononcée, et plus elles réfractent les rayons lumineux ; plus elles peuvent donner des images amplifiées.

Quant aux lentilles biconcaves ou plan-concaves, elles font constamment diverger les rayons qui les traversent. Par conséquent, elles n'ont pas de foyer réel et ne donnent que des images virtuelles.

Nous avons admis, pour simplifier notre exposition, que tous les rayons partis d'un point lumineux vont, après avoir traversé une lentille convexe, se réunir exactement en un même point, au foyer, de l'autre côté de la lentille. Cette supposition n'est pas complétement exacte appliquée aux lentilles telles qu'on peut les construire dans la pratique, c'est-à-dire avec des surfaces qui sont des portions de sphère.

En effet, la direction des rayons réfractés dépendant de l'inclinai-

son des normales aux points d'incidence, les rayons qui traversent les lentilles dans le voisinage des bords sont plus déviés que ceux qui traversent dans la partie centrale, parce que, leur angle d'incidence étant plus grand, l'angle de réfraction, qui en est fonction, est plus grand aussi. Les rayons marginaux concourront donc et formeront foyer plus tôt que les rayons centraux, qui ne formeront leur foyer que plus loin. Les rayons intermédiaires viendront converger entre les deux points extrêmes. Le foyer total occupera donc, sur l'axe, une certaine longueur comprise entre le foyer partiel des rayons centraux et celui des rayons les plus extrêmes des bords. Cette longueur est ce qu'on appelle l'*aberration de sphéricité longitudinale*. De plus, un second effet de même nature élargit le foyer en hauteur et lui donne, autour de l'axe, une certaine largeur qu'on appelle *aberration de sphéricité latérale*.

On corrige, dans la pratique, l'aberration de sphéricité d'une lentille en la combinant avec une autre, dont l'aberration agit en sens inverse et en n'utilisant que les rayons centraux, au moyen de *diaphragmes*, c'est-à-dire d'écrans opaques placés devant ou derrière la lentille et qui sont percés au centre d'un trou plus ou moins large. De cette manière, on n'admet, pour concourir à la formation de l'image, que les rayons d'une zone centrale plus ou moins étendue.

On comprend que plus la courbure des lentilles est forte, plus, par conséquent, elles ont de pouvoir amplifiant, plus aussi leur aberration de sphéricité est considérable. On est donc obligé dans la pratique, pour en obtenir des images nettes, de supprimer les rayons d'une plus large zone marginale. On supprime donc ainsi beaucoup plus de lumière et l'image est moins éclairée.

Mais ce n'est pas tout encore : la lumière blanche n'est pas *simple*, mais *composée* d'un grand nombre de rayons colorés dont la coïncidence ou la superposition produit sur notre œil l'impression de la lumière blanche. Or, tous ces rayons colorés n'éprouvent pas, en se réfractant à travers une substance réfringente, la même déviation. Ainsi, tout le monde sait qu'en recevant sur un prisme un pinceau de lumière blanche venant du soleil, par exemple, le pinceau qui sort *s'étale* sur l'écran où on le reçoit et forme une

image allongée du soleil, dans laquelle les divers rayons colorés se sont séparés, en raison de leur réfrangibilité différente. Cette image est ce qu'on appelle le *spectre solaire*. Les couleurs qui le composent sont excessivement nombreuses, mais on en distingue sept principales, qui sont : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet.

Le rayon rouge est celui qui se rapproche le plus de la direction primitive du rayon décomposé, autrement dit, est le moins réfracté ; et le rayon violet est le plus dévié, c'est-à-dire le plus réfracté.

A l'aberration de sphéricité que nous avons signalée dans les lentilles, nous aurons donc à joindre l'*aberration de réfrangibilité*. Les rayons violets, plus réfrangibles, seront plus tôt concentrés et formeront leur foyer plus près de la lentille que les rayons rouges, les moins réfrangibles, qui concourront plus loin de la lentille. Entre ces deux foyers, violet et rouge, les autres rayons formeront successivement leurs foyers. Mais en raison de la grande multiplicité des rayons de toutes couleurs envoyés par les différents points de l'objet lumineux, rayons qui se croisent dans la partie centrale de cet espace focal, la lumière blanche y sera reconstituée vers le centre et les bords seuls seront colorés. De sorte que si l'on coupe l'espace focal avec un écran vers sa partie centrale, l'image obtenue sera blanche au centre et colorée vers les bords. On trouvera ainsi un point où la zone colorée a un minimum d'épaisseur, et si l'on avance l'écran vers la lentille, les bords seront de plus en plus colorés, et en violet ; à la partie tout à fait antérieure de l'espace focal, l'image sera tout à fait violette. Si l'on recule, au contraire, l'écran au delà du point de moindre coloration, la zone colorée s'agrandira encore sur les bords, mais deviendra rouge, et à la partie tout à fait postérieure de l'espace focal, l'image sera entièrement rouge.

Dans les lentilles concaves, un phénomène semblable se passe, seulement les rayons qui sortent divergents et qui sont séparés (les rayons violets les plus déviés et les rayons rouges moins déviés), paraissent venir de foyers virtuels différents dont le foyer violet est plus près de la lentille et le foyer rouge plus éloigné.

Pour corriger l'aberration *chromatique* des lentilles et obtenir avec elles des images qui offrent le moins de coloration possible,

on a recours à la propriété qu'ont les différents verres de *disperser* d'une manière très-différente aussi les rayons colorés composant la lumière blanche.

Le *pouvoir dispersif*, en effet, qu'a une substance de séparer et d'étaler plus ou moins les rayons colorés est différent du *pouvoir réfringent* par lequel elle dévie plus ou moins, de sa direction primitive, le rayon complexe et total de lumière blanche qui la traverse. Ainsi, avec un prisme d'un certain verre on pourra obtenir une image spectrale très-éloignée du point où elle eût été se former en lumière blanche, si le prisme n'eût pas été interposé sur le passage des rayons, mais le spectre sera peu étalé : le pouvoir réfringent du prisme est considérable et son pouvoir dispersif faible. Avec un prisme d'un autre verre, l'image sera moins déviée, mais le spectre sera plus étalé : le pouvoir réfringent du prisme est faible, mais son pouvoir dispersif est considérable.

C'est précisément dans ces conditions que sont, l'une par rapport à l'autre, les deux espèces de verre dont on fait surtout usage pour la construction des instruments d'optique, le *crown-glass* et le *flint-glass* (1).

Les crown ont un pouvoir réfringent notable, mais un pouvoir dispersif médiocre ; les flint ont, au contraire, un pouvoir dispersif très-considérable et un grand pouvoir réfringent. Si donc on place, derrière une lentille biconvexe en crown, une lentille plan-concave en flint de même courbure et dont la concavité embrasse la con-

(1) Voici d'après le Dr A. Chevalier une analyse du crown et du flint les plus employés.

CROWN.

Sable blanc	120 p.
Carbonate de potasse	35 —
Carbonate de soude	20 —
Craie	20 —
Acide arsénieux	1 —

FLINT.

Silice	42,5 —
Oxyde de plomb	48,5 —
Potasse	11,7 —
Alumine	1,8 —
Chaux	0,5 —
Acide arsénieux	traces
	1,000

vexité de la première, l'effet dispersif de la lentille de flint corrigera en grande partie l'effet dispersif de la lentille de crown.

En effet, la première lentille convergente ferait concourir les rayons violets, les plus dispersibles, plus près de la lentille et les rayons rouges plus loin; mais la seconde lentille, quoique moins divergente que la première est convergente, produit néanmoins, en raison de son pouvoir dispersif plus grand, une dispersion égale à celle de la première; seulement, elle opère en sens contraire, et les rayons violets, les plus réfractés, sont relevés sur les rayons rouges, et réciproquement. L'effet total consiste donc à éloigner le foyer, à rendre l'image moins grande, mais à *achromatiser* les rayons extrêmes, rouges et violets. Quant aux rayons intermédiaires, ils sont sensiblement réunis aussi, cependant la coïncidence n'est pas absolue à raison du manque d'égalité entre les diverses parties du spectre produit par des substances différentes. Pour avoir une achromatisation plus complète, il faut avoir recours à la combinaison de plusieurs lentilles qui compensent les couleurs intermédiaires.

De plus, comme le pouvoir réfringent et le pouvoir dispersif des différents milieux, sans être égaux ni même proportionnels, ainsi que nous l'avons dit, sont cependant liés entre eux et croissent ou diminuent généralement en même temps, on conçoit que la correction de l'aberration chromatique corrige aussi, au moins d'une manière très-notable, l'aberration de sphéricité des lentilles.

Telles sont les notions théoriques que nous avons cru devoir résumer ici. Elles suffiront aux personnes qui ont étudié les lois de l'optique pour leur rappeler d'une manière générale les principes fondamentaux sur lesquels reposent les procédés d'observation micrographique. Quant à celles qui n'ont aucune connaissance de ces lois, nous ne pouvons que les renvoyer aux bons traités de Physique, par exemple à celui de MM. Drion et Fernet, dont l'étude, avant d'aborder le travail du microscope, ne saurait que leur être la plus fructueuse et la plus utile des préparations.

CHAPITRE II

LES LOUPES ET LE MICROSCOPE SIMPLE.

Les microscopes sont des instruments destinés à nous montrer sous un grossissement plus ou moins considérable les objets dont le diamètre apparent est trop petit pour que, placés à la distance de la vision distincte, nous puissions les percevoir nettement.

Il y a deux espèces de microscopes : le *microscope simple* ou *loupe* et le *microscope composé*.

I. — **Les loupes.**

La loupe consiste essentiellement en une lentille convergente dont le foyer est assez court.

Les anciens paraissent avoir connu la loupe. Sénèque dit que des lettres, quelque petites et obscures qu'elles soient, paraissent plus grandes et plus distinctes quand on les regarde à travers une boule de verre remplie d'eau. — On sait que les graveurs se servent encore de ce procédé.

On a trouvé des lentilles de verre dans les fouilles de Ninive et dans des tombeaux romains ; cependant les premiers travaux exécutés à l'aide de loupes sont ceux de F. Stelluti sur les abeilles, en 1625. On sait, de plus, que c'est avec de simples loupes, qu'il fabriquait lui-même en faisant fondre de petits morceaux de verre, que Leuwenhoek a fait ses admirables découvertes.

Pour qu'une lentille convergente fonctionne comme loupe, c'est-à-dire fasse voir avec un grossissement notable l'objet qu'on regarde au travers, il faut que la lentille soit placée très-près de l'œil et l'objet entre la lentille et son foyer principal, mais très-près de ce foyer.

En effet (fig. 1), supposons que *mn* soit un objet très-petit ; pour le voir plus grand, il faudrait le rapprocher très-près de l'œil afin que l'*angle visuel* sous lequel les rayons lumineux extrêmes pé-

nètrent dans l'œil, soit plus grand. (Car on sait que les objets nous paraissent d'autant plus grands qu'ils sont plus près de l'œil, et d'autant plus petits qu'ils sont plus éloignés, précisément en raison de la diminution de l'angle visuel à mesure que l'éloignement

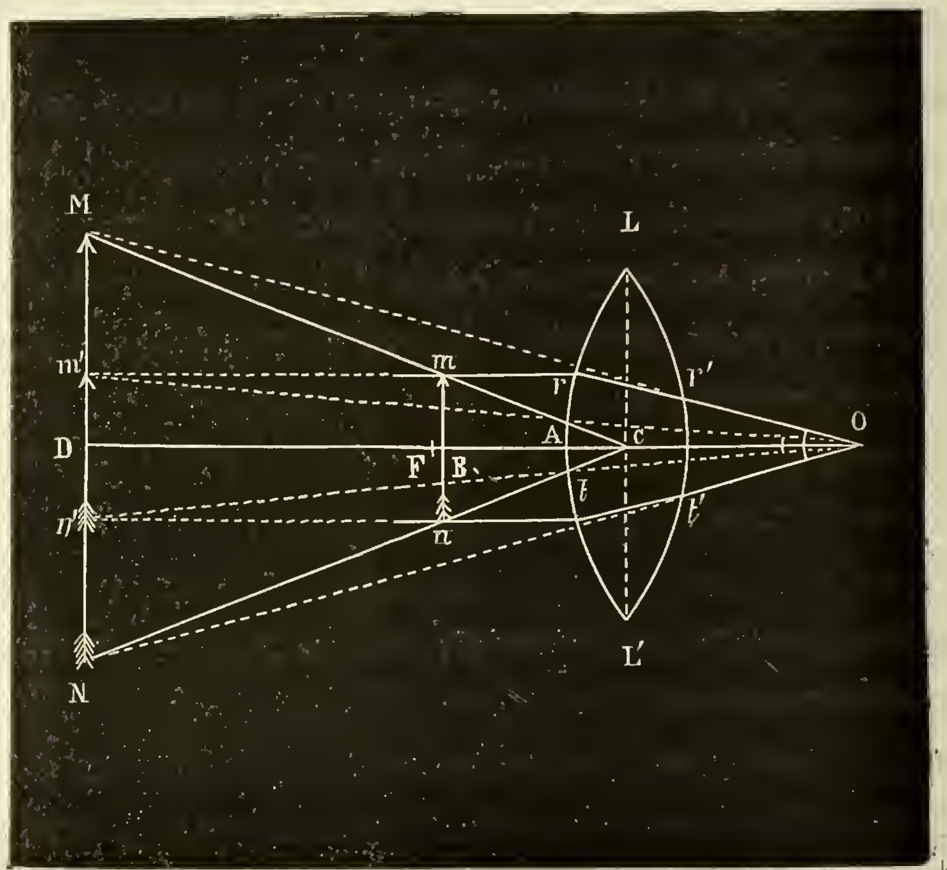


Fig. 1. — Théorie de la loupe.

augmente.) Mais en plaçant l'objet tout près de l'œil, on ne pourrait pas le distinguer d'une manière nette, parce que la vision n'est distincte qu'à une distance de 22 à 25 centimètres.

Or, si l'on interpose entre l'œil O et l'objet *mn* une lentille LL', de telle sorte que celui-ci soit placé entre la lentille et le foyer principal, mais très-près de ce foyer F, la lentille agira simplement en agrandissant l'angle suivant lequel l'objet est vu, et en faisant pénétrer dans la pupille beaucoup de rayons lumineux qui eussent été se perdre.

Pour être vu distinctement, l'objet eût dû être placé en *m'n'* à une distance OD de l'œil, distance que nous supposons être celle de la vision distincte, et dans ce cas son diamètre n'eût été perçu que sous l'angle très-faible *m'*O*n'*. Si l'on interpose la lentille, l'objet pourra être placé en *mn*, près du foyer F à une distance OB

beaucoup plus petite que OD. Les rayons extrêmes *mr*, *nt* parallèles à l'axe de la lentille, par exemple, se réfracteront en *rr'*, *r'*O et *tt'*, *t'*O et arriveront à l'œil en formant le grand angle *r'* O *t'*; de l'amplification de cet angle résultera, pour l'œil, la sensation de l'agrandissement de l'objet. Car celui-ci n'étant, pour ainsi dire, pas prévenu de l'adjonction de la lentille, supposera toujours l'objet placé à la distance OD de la vision distincte et le verra en MN par la prolongation virtuelle des derniers rayons qu'il reçoit O*r'*, O*t'*. — C'est ce qu'on exprime en disant que l'œil reporte l'image à la distance de la vision distincte.

On voit que non-seulement on obtient ainsi une image agrandie de l'objet, mais que cette image est droite.

Si l'on veut évaluer le grossissement produit ainsi par une lentille, on y arrivera par un raisonnement très-simple.

En supposant que l'objet, au lieu d'être placé très-près du foyer principal, est placé à ce foyer même, c'est-à-dire que le point B est le foyer principal, on remarquera que DM est l'agrandissement de B*m*, que les deux triangles CMD, C*m*B sont semblables (à cause du parallélisme de leurs côtés DM, B*m*) et donnent par conséquent la proportion suivante :

$$\mathrm{DM} : \mathrm{B}m :: \mathrm{CD} : \mathrm{CB}, \text{ ou } \frac{\mathrm{DM}}{\mathrm{B}m} = \frac{\mathrm{CD}}{\mathrm{CB}}.$$

C'est-à-dire : l'image agrandie est au diamètre de l'objet comme la distance de la vision distincte est à la distance focale principale de la lentille; ou : le rapport du diamètre de l'image à celui de l'objet est le même que celui de la distance de la vision distincte à la distance focale.

Autrement dit, si la distance de la vision distincte est deux, trois, quatre fois plus grande que la distance focale principale de la lentille, l'image obtenue sera deux, trois, quatre fois plus grande que l'objet.

Il est donc toujours facile de connaître *approximativement* le pouvoir grossissant d'une loupe, car les lentilles sont vendues chez les opticiens avec l'indication de leur longueur focale, longueur que l'on peut toujours évaluer directement en mesurant la distance à

laquelle se forme le foyer, quand on reçoit les rayons solaires sur la lentille, dont on connaît d'ailleurs l'épaisseur.

Nous disons qu'on connaîtra *approximativement* la valeur du grossissement d'une lentille, car il y a dans le mode d'évaluation que nous venons d'indiquer deux causes d'erreur. Nous avons supposé l'objet placé à la distance focale principale de la lentille, et il est placé un peu plus près. Cette erreur est d'autant plus importante que la courbure de la lentille est plus forte, car la quantité que nous négligeons, très-petite quand la lentille est peu convexe et que sa distance focale est très-grande, devient une fraction notable de cette distance focale quand celle-ci est très-petite, comme dans les lentilles à forte courbure.

De plus, la distance de la vision distincte, que nous posons comme une quantité connue, fixe et invariable (22 centimètres), est loin d'être fixe, et ce n'est même pas exactement à cette distance que l'œil reporte l'image virtuelle observée dans les lentilles.

La loupe est un instrument très-utile et qui suffit à beaucoup de recherches anatomiques, entomologiques, botaniques et autres. Elle est utile, en particulier, pour la dissection et la préparation des objets que l'on veut soumettre ultérieurement à un examen plus approfondi avec le microscope composé.

Tout le monde connaît les différentes espèces de montures que l'on applique aux loupes à main, mais cet instrument est surtout commode lorsqu'on le monte sur un *pied* plus ou moins articulé, qui permet de le placer et de le maintenir dans toutes les positions.

Aussi les opticiens ont-ils construit un grand nombre de systèmes de pieds auxquels on peut adapter des loupes de divers pouvoirs grossissants. On obtient ainsi ce qu'on nomme particulièrement des *loupes montées*.

Un des plus simples et des plus commodes, et qui nous paraît satisfaire à la plupart des exigences, est le pied porte-loupe articulé à crémaillère, tel que le construit M. Nachet (fig. 2).

Les conditions indispensables que doivent remplir ces instruments, dont la disposition a été variée par un grand nombre d'expérimentateurs, est que la base du pied soit lourde, afin de lui donner

de la stabilité, que les articulations fonctionnent bien et ne cèdent pas sous le poids de la loupe, sans être trop dures cependant pour qu'on puisse leur faire subir doucement de très-petits mouvements,

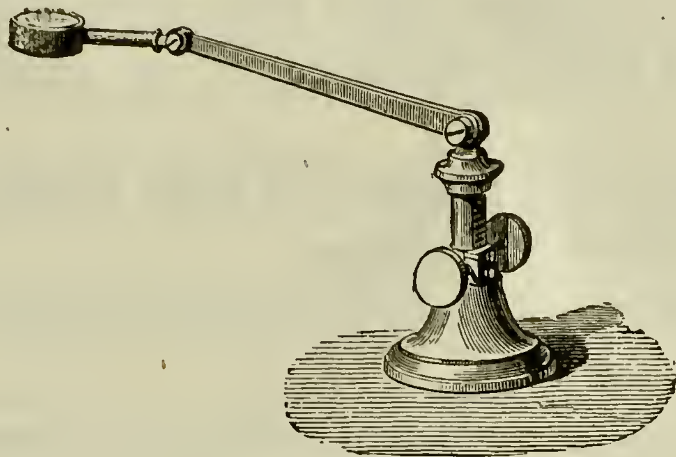


Fig. 2. — Pied porte-loupe articulé à crémaillère.

et que la loupe puisse s'abaisser et s'élever de quantités suffisantes en prenant toutes les inclinaisons dont on peut avoir besoin.

On a beaucoup modifié aussi les dispositions optiques des loupes. Ainsi, dans la loupe ou *microscope Stanhope*, que l'on voit aujourd'hui partout, la lentille est un cylindre ou un petit barreau de verre rectangulaire dont l'une des bases est une portion de sphère et l'autre un plan. La base sphérique forme la face antérieure de la lentille et la base plane la face postérieure. La distance d'une base à l'autre est un peu plus petite que la distance focale de la lentille constituée par la face sphérique. On applique l'objet, avec un peu d'eau, sur la base plane, et il se trouve ainsi comme compris dans la masse même du verre. En regardant par le côté sphérique, contre le jour, on voit l'objet considérablement agrandi et jusqu'à 80 fois. Ce petit instrument est très-ingénieux, il donne des images très-nettes, car il constitue une sorte de loupe *à immersion*.

La *loupe Coddington* est composée d'un cylindre de verre qui a été taillé dans une sphère, de sorte que les deux faces sont sphériques, appartenant à une même sphère, et leur distance est égale au diamètre même de cette sphère. Ce cylindre est monté dans un tube métallique, mais, en raison de la grande aberration de sphéri-

cité due à la forme des surfaces, on a établi un diaphragme au milieu du cylindre, afin de ne laisser passer que les rayons centraux. Ce diaphragme est constitué par une entaille circulaire, faite tout autour du cylindre et jusqu'à une certaine profondeur dans le verre. C'est pourquoi on l'appelle aussi *loupe rodée de Brewster* ou de Coddington. C'est un bon instrument et qui grossit, en général, 30 fois.

Wollaston avait aussi imaginé une loupe à surfaces sphériques de ce genre, dite *loupe périscopique.*

Les loupes Stanhope et Brewster ont été importées d'Angleterre, en 1838, par Ch. Chevalier.

Le doublet. — Quels que soient l'utilité et les avantages des loupes, elles ont des inconvénients dont le premier réside dans l'aberration de sphéricité considérable qu'elles produisent lorsqu'on veut en obtenir des grossissements un peu importants, ce qui force à n'employer qu'une très-petite portion de la surface, limitée autour du centre de figure.

Car si l'on veut que l'aberration d'une lentille soit peu sensible et que l'image soit suffisamment nette, il faut que son *ouverture*, c'est-à-dire la section de la surface utilisée, ne dépasse pas en général un arc de 10° à 12°. Si donc on veut donner à cette lentille un grand diamètre pour récolter une plus grande quantité de lumière et avoir une image brillante, elle devra avoir des courbures peu prononcées et, par conséquent, un très-long foyer et donner un faible grossissement. Les lentilles très-convergentes doivent donc, pour la même raison, avoir un très-petit diamètre, puisque, le rayon de courbure étant très-petit, l'angle d'ouverture ne peut être très-petit que si le diamètre de la lentille est lui-même très-petit.

Toutefois, on peut calculer la courbure qu'il faudrait donner aux deux faces d'une lentille, composée d'un verre ayant un indice de réfraction connu, pour que les rayons parallèles forment leur foyer en un point exact. On trouve ainsi, par exemple, qu'une lentille en *flint-glass* dont l'indice de réfraction est 1,686 donne une aberration très-peu sensible quand la face d'émergence du rayon lumineux est plane. C'est pourquoi nous verrons employer dans la construction des microscopes beaucoup de lentilles plan-convexes.

Mais on peut composer un système très-convergent, sans aberration sensible de sphéricité, en associant deux lentilles convergentes, séparées par un certain espace. On emploie le plus souvent des lentilles plan-convexes qui donnent ainsi une aberration de sphéricité bien moindre qu'une seule lentille de même diamètre et de même foyer que le système. On démontre enfin, par le calcul, qu'on peut toujours avec un tel système, en employant des lentilles de courbure déterminée, placées à une distance calculée, obtenir un foyer exact pour les rayons partant d'un point donné de l'axe.

C'est sur ce calcul qu'est fondée la théorie du *doublet.*

On appelle doublet un système de deux lentilles formant loupe et associées dans le but que nous venons d'indiquer. Cet instrument a été inventé, en 1820, par Wollaston qui le composa de deux verres plan-convexes, à face plane tournée vers l'objet, et dont la monture permettait de rapprocher ou d'éloigner les deux lentilles pour obtenir la meilleure image. Mais leur foyer devenait, par l'écartement des deux verres, tellement court lorsqu'il s'agissait de faire des dissections, que l'on ne pouvait plus mouvoir les instruments sous le doublet.

Ch. Chevalier, en 1830, modifia le doublet et lui donna la forme actuelle. Il se compose des deux lentilles plan-convexes de Wollaston, à face plane tournée par en bas, mais la première, près de l'objet, très-large relativement à la seconde, beaucoup plus petite. Un diaphragme les sépare, et on les visse l'une sur l'autre pour former le doublet, mais leur distance est invariable. En employant la lentille supérieure seulement, on dédouble le grossissement. La monture porte à sa partie supérieure une pièce conique et noircie, contre laquelle s'applique l'œil et qui le préserve de toute lumière étrangère. Le foyer est assez long pour permettre les dissections.

L'action du doublet est facile à comprendre. La lentille inférieure agit sur les rayons lumineux comme une loupe et les concentre derrière elle de manière à agrandir l'angle sous lequel est vu l'objet, ainsi que le fait la lentille L (fig. 1) ; mais si, entre cette lentille et l'œil, on en interpose une seconde, celle-ci agira de la même manière sur les rayons déjà concentrés et les fera concourir plus tôt

encore et plus près du système. Les rayons rendus encore plus convergents agrandiront encore l'angle visuel, et la prolongation des rayons extrêmes à la distance de la vision distincte donnera une image encore plus grande.

On peut mesurer le pouvoir grossissant d'un doublet comme celui d'une loupe, car l'amplification donnée est égale au rapport entre la distance focale principale du système et la distance de la vision distincte. Mais on obtient toujours ainsi une valeur approximative et trop grande, en raison surtout de ce que l'œil ne rapporte pas l'image à la distance de la vision distincte, mais à une distance beaucoup plus faible.

On désigne les loupes, les doublets et les objectifs par la longueur de leur foyer, et l'on a conservé en général, pour ces désignations, les anciennes mesures en pouces et lignes. Voici, d'après Ch. Chevalier, le tableau des grossissements obtenus par la série de ses doublets :

$\frac{1}{5}$	de ligne.........	Amplification............	500	fois.
$\frac{1}{4}$	—	—	480	—
$\frac{1}{2}$	—	—	240	—
$\frac{3}{4}$	—	—	150	—
1	ligne...........	—	120	—
2	—	—	60	—
3	—	—	40	—
4	—	—	30	—
5	—	—	24	—
6	—	—	20	—
7	—	—	15	—
8	—	—	14	—
9	—	—	13	—
10	—	—	12	—

II. — Le microscope simple.

Les doublets peuvent se monter sur des porte-loupes et constituer ainsi un microscope simple ; cependant, pour la commodité de leur emploi, on les monte le plus souvent sur un pied un peu plus compliqué, offrant une tablette ou *platine*, sur laquelle on pose

l'objet à examiner, et un miroir destiné à éclairer cet objet par-dessous à travers une ouverture pratiquée dans la platine. Cet instrument constitue ce qu'on appelle plus particulièrement un *microscope simple*.

Il se compose d'un pied lourd sur lequel est fixée une colonne verticale en cuivre supportant la platine, laquelle est percée d'un trou central et munie de deux *valets* ou *pinces* métalliques pour fixer la lame de verre sur laquelle est placé l'objet. Sur le pied est un miroir qu'on peut incliner diversement de manière à diriger la lumière dans l'ouverture de la platine. La colonne verticale est creuse, et dans son intérieur monte et descend, à l'aide d'une crémaillère mue par un double bouton moleté, une tige portant une branche horizontale dont l'extrémité se termine par un anneau dans lequel on pose ou on visse les doublets ou les loupes.

Il y a beaucoup de modèles de microscopes simples. Celui que

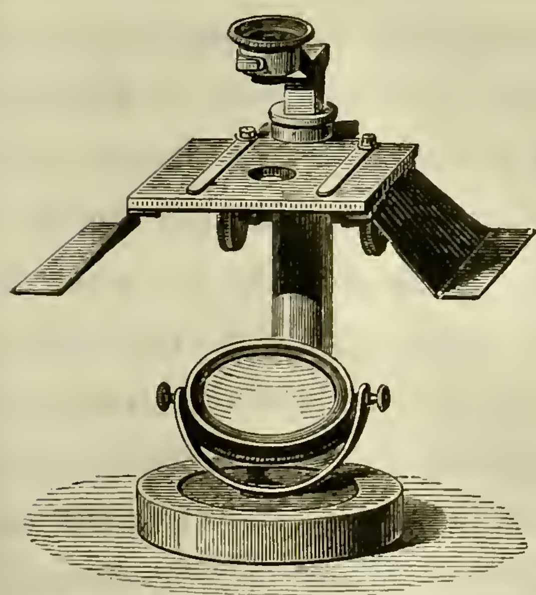


Fig. 3. — Microscope simple de Nachet.

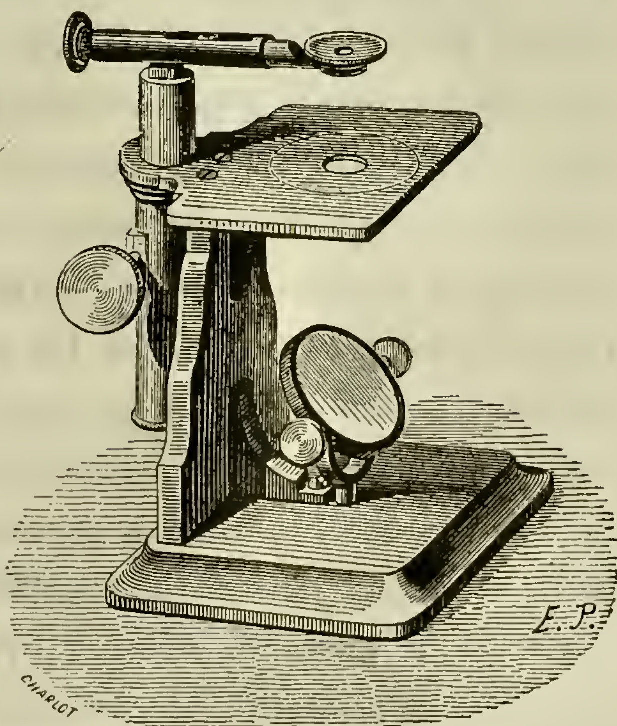


Fig. 4. — Microscope simple de A. Chevalier.

nous représentons (fig. 3) et qui est dû à M. Nachet, est particulièrement commode en raison des deux plans inclinés que porte la platine de chaque côté, plans qui servent à appuyer les mains et les poignets de l'observateur pendant qu'il travaille sous le mi-

croscope. Le microscope simple de Chevalier (fig. 4) est aussi un fort bon instrument.

M. Cosson a inventé une platine à trois pieds, qui d'un côté peut porter un microscope simple et de l'autre un microscope composé.

L'objet étant convenablement disposé et placé sur une lame de verre au-dessus de l'ouverture de la platine, on approche l'œil de la loupe et l'on fait mouvoir le miroir de manière à réfléchir la lumière sous l'objet. Si l'éclairage est trop vif, on peut le modérer à l'aide d'un diaphragme portant des trous de différents diamètres et qui se trouve sous la platine. On fait tourner ce diaphragme de manière à amener sous l'ouverture un trou d'un diamètre approprié à l'éclairage qu'on veut produire. Puis, on élève ou l'on abaisse la lentille à l'aide de la crémaillère jusqu'à ce qu'on aperçoive nettement l'objet.

Le microscope simple est un instrument très-commode, particulièrement pour les dissections, tant animales que végétales. Il donne, avec un grossissement important, un foyer assez long pour qu'on puisse manœuvrer les instruments sous la lentille; il ne renverse pas l'image et est plus facilement maniable pour les petites opérations courantes des recherches anatomiques, entomologiques et botaniques, que le microscope composé. La largeur et la disposition de la platine, surtout lorsqu'elle porte les plans inclinés que nous avons décrits, offrent les meilleures conditions pour qu'on y puisse travailler longtemps sans fatigue. Enfin la série des grossissements obtenus par les doublets permettrait l'emploi de cet instrument dans des recherches très-approfondies; cependant lorsque le grossissement doit dépasser 100 diamètres, le foyer devient très-court, et comme, d'autre part, l'œil doit être appliqué extrêmement près de la lentille, le microscope simple cesse d'être aussi commode pour les dissections et doit être remplacé par le microscope composé redresseur, dont nous parlerons plus tard.

Néanmoins, le microscope simple, tombé, en France, dans un oubli qu'il ne mérite pas, est un instrument presque indispensable au micrographe pour les préparations sous des grossissements de 20 à 40 diamètres, presque toujours suffisants. — Nous ne saurions donc trop en recommander l'usage. Son prix est très-peu élevé, son em-

ploi est facile, prompt, commode, ses images très-nettes et droites ce qui est nécessaire pour la dissection.

Pour remédier à la brièveté du foyer sous les forts grossissements, Ch. Chevalier imagina, en 1835, de placer une lentille achromatique, concave, formant *oculaire*, au-dessus du doublet et pouvant s'en rapprocher ou s'en éloigner. Cette combinaison, qui augmente le grossissement et recule le foyer, représente une construction semblable à celle des lunettes ou des lorgnettes de spectacle.

C'est la même combinaison qui a présidé à la construction de l'instrument qu'on appelle *loupe de Brücke*. Il consiste en une double lentille achromatique montée à l'extrémité d'un tube qui porte, à l'autre extrémité, un second tube rentrant dans le premier et muni d'une lentille concave. En faisant varier l'écartement des deux systèmes, on obtient des grossissements variables de 3 à 8 diamètres. Cet instrument peut se placer dans la monture du microscope composé, dans le porte loupe ; son foyer est très-long, les images droites et très-claires et son prix très-modique (15 à 20 fr.). Il est excellent, très-commode et d'un bon usage. Nous le classons aussi parmi les accessoires les plus utiles du microscope.

CHAPITRE III

LE MICROSCOPE COMPOSÉ

Le microscope composé consiste essentiellement en une lentille, ou un système de lentilles, destiné à donner une image agrandie et réelle de l'objet qu'on veut examiner, et en une seconde lentille, ou un second système de lentilles, permettant d'observer cette image comme à travers une loupe et à lui faire éprouver un nouveau grossissement.

Le premier système de lentilles, placé près de l'objet, porte le nom d'*objectif*, le second, placé près de l'œil, est appelé *oculaire*. Ils sont fixés aux deux extrémités d'un tube de métal de manière à ce que les centres de toutes les lentilles, tant de l'objectif que de

l'oculaire, soient situés exactement sur une même ligne droite qui est l'*axe optique* du microscope.

Ces deux systèmes constituent la *partie optique* du microscope. Les diverses pièces métalliques qui les supportent et qui soutiennent l'objet à étudier, qui permettent de les mettre en mouvement et de diriger les rayons lumineux dont on l'éclaire, constituent la *partie mécanique* de l'instrument.

Si l'excellence de la partie optique est une condition à rechercher dans un microscope, la perfection de la partie mécanique n'est pas moins importante à considérer. Nous les étudierons donc l'une et l'autre avec autant de détails que nous le permettra le plan de cet ouvrage, dont nous voulons faire un manuel pratique.

I. — Partie mécanique du microscope.

La *partie mécanique* du microscope se compose du *tube* qui porte à son extrémité supérieure l'oculaire et à son extrémité inférieure l'objectif, du *corps* du microscope, c'est-à-dire des pièces qui supportent ce tube, de la *platine*, du *miroir réflecteur* et du *pied*.

Chacune de ces pièces doit être étudiée avec détails et mérite de la part de l'observateur une attention particulière.

Pour simplifier notre description, nous prendrons pour exemple le microscope petit modèle de Nachet (fig. 5).

1. **Tube.** — Le tube OO, en laiton, qui porte par en haut l'oculaire et par en bas l'objectif, mesure de 20 à 23 centimètres de hauteur dans la plupart des modèles français actuellement en usage, bien que les constructeurs anglais lui donnent souvent une hauteur notablement plus grande. Il se compose ordinairement de deux tubes qui rentrent l'un dans l'autre, comme ceux des lunettes, afin de diminuer la hauteur de l'instrument, en certains cas, et de le rendre moins encombrant. Ainsi dans le modèle ci-dessous, la partie supérieure OB rentre dans le tube inférieur BO dont le bord est garni d'un *cordon moleté* B.

C'est donc par ce cordon moleté qu'on devra manœuvrer le tube pour le mouvoir dans son support C, car si l'on agissait sur le cylin-

dre supérieur, on le ferait seulement rentrer dans le cylindre inférieur qui resterait immobile.

Ainsi disposé, le tube du microscope est dit à *tirage*. — Lorsque le tirage est entièrement développé, l'instrument donne le maximum de grossissement que peut fournir le système optique qui lui est adapté.

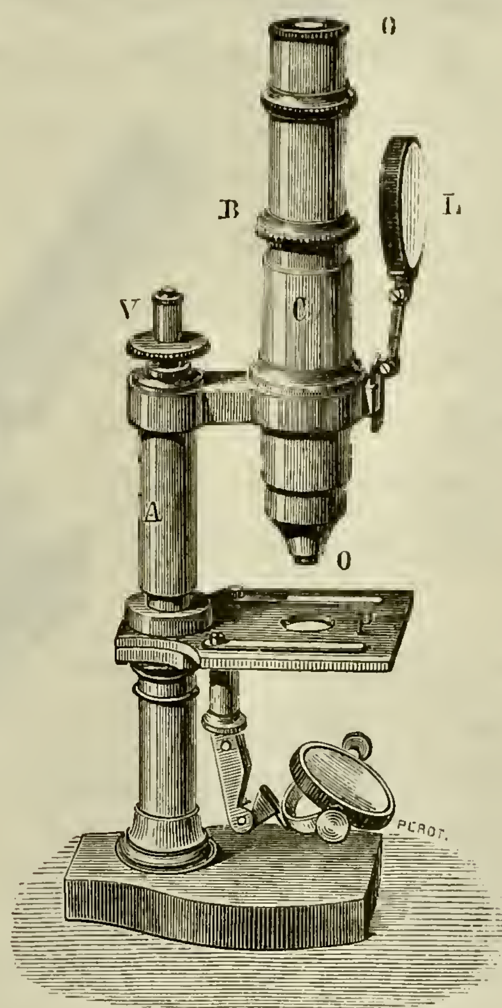


Fig. 5. — Microscope petit modèle droit de Nachet.

2. **Mouvement rapide et mouvement lent.** — Le tube est maintenu à frottement dans un second cylindre C ordinairement fendu dans toute sa longueur pour donner de l'élasticité à ses parois, de sorte qu'en saisissant le tube OO par le cordon B et en l'enfonçant doucement, en le tournant sur lui-même comme par un mouvement de vis, dans le cylindre, *canon* ou *coulant* C, ou bien en le retirant et l'élevant par un mouvement contraire, on approche ou l'on éloigne à volonté le système optique de la platine P. La *mise au point* se fait ainsi par le *coulant*.

Mais pour obtenir la mise au point exacte et pour réaliser d'une manière sûre et précise les petits mouvements d'élévation et d'abaissement du système optique, nécessaires à l'examen des différentes couches de l'objet qu'on étudie, il faut avoir recours à la vis micrométrique que commande le bouton V.

En effet, le canon C est fixé par une pièce horizontale à la colonne A qui est creuse et qui, lorsqu'on tourne le bouton V, monte ou descend sur la colonne intérieure entraînant avec elle tout l'appareil optique. La vis est dite *micrométrique*, c'est-à-dire que son pas est excessivement fin et régulier, de manière à ce qu'on puisse, en la manœuvrant, faire mouvoir le système d'un mouvement aussi lent et, pour ainsi dire, aussi imperceptible qu'on le dé-

sire. C'est pourquoi cette disposition est appelée *mouvement lent*, par opposition au *mouvement rapide* qui se fait par le tirage du coulant, comme nous venons de l'indiquer, ou bien à l'aide d'un pignon qui s'engrène sur une crémaillère ainsi qu'on le voit dans le modèle inclinant représenté dans la figure 6.

Ce dernier modèle, et, en général, tous ceux qui possèdent une

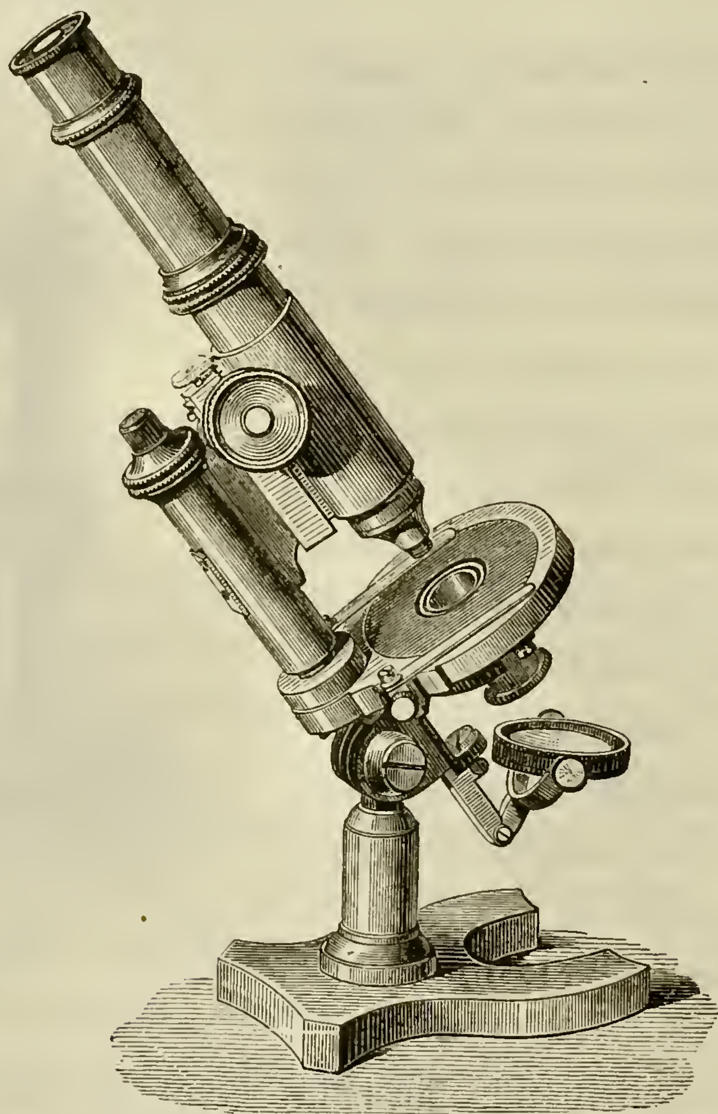


Fig. 6. — Microscope moyen modèle inclinant, de Nachet.

crémaillère, ont donc, outre le mouvement lent par la vis micrométrique, un double mouvement rapide par le tirage du coulant, et par la crémaillère. Celle-ci peut d'ailleurs être mue par deux boutons moletés au lieu d'un, l'un à droite, l'autre à gauche de la colonne, afin qu'on puisse manœuvrer le mouvement rapide de l'une ou de l'autre main.

Pour nous, nous préférons le mouvement par le coulant : il est, pour ainsi dire, moins brutal et obéit d'une manière plus précise et plus intelligente à la main qui y est habituée.

3. **Platine.** — La colonne A porte, en avant, au-dessous de l'objectif fixé à la partie inférieure du tube OO, la platine P destinée à soutenir l'objet que l'on veut examiner. Comme le plus souvent cet objet doit être observé *par transparence*, la platine est percée, à son centre, d'un trou rond qui permet à la lumière d'éclairer l'objet par-dessous.

La disposition de la platine est très-importante à examiner dans un microscope. Il faut d'abord qu'elle soit très-solide, afin de ne pas céder sous la pression qu'on peut exercer sur elle en maniant l'objet sous la lentille. Aussi doit-elle toujours être immobile. Dans certains modèles anciens on faisait, en effet, le système optique plus ou moins fixe, et c'était la platine qui s'élevait ou s'abaissait, par exemple pour obtenir le mouvement lent nécessaire à la précision de la mise au point. Cette disposition a été abandonnée.

4. **Platine tournante.** — Dans les grands modèles, la platine est dite *tournante* ou *à tourbillon* (fig. 6), c'est-à-dire qu'elle est composée de deux plaques métalliques superposées, dont la plaque inférieure est fixe et tient à la colonne ou pied du microscope, tandis que la plaque supérieure peut tourner sur elle-même, dans son plan, et en même temps toute la partie supérieure de l'instrument qui peut ainsi faire un tour entier sur lui-même. Dans ce mouvement circulaire, la plaque supérieure de la platine entraîne nécessairement l'objet, qui est placé sur elle et qui, ne changeant pas de position sous l'objectif qui tourne en même temps, vient néanmoins se présenter de tous les côtés aux rayons de lumière dont il est traversé de bas en haut, rayons réfléchis toujours de la même manière par le miroir resté fixe sur le pied de l'instrument.

Pour retenir sur la platine les préparations soumises à l'examen, on se sert souvent de deux petites lames métalliques à ressort qu'on appelle *valets* ou *pinces*. Ces pièces, sous lesquelles on glisse la préparation qu'elles maintiennent par leur élasticité, sont représentées dans les figures ci-dessus. Il est d'ailleurs commode qu'on puisse les enlever lorsque leur emploi n'est pas utile.

Dans les instruments destinés aux recherches qui nécessitent l'emploi des réactifs, la platine est ordinairement recouverte d'une

plaque de glace noire qui lui permet de résister à l'action des acides et des liquides corrosifs (fig. 6).

5. **Chariot ou platine mobile.** — Quelques microscopes de grand modèle, et en particulier les instruments anglais, sont munis, sur la platine, d'un appareil spécial désigné sous le nom de *platine mobile* ou de *chariot* et destiné à permettre à l'observateur de faire mouvoir l'objet de très-petites quantités à la fois. Ce petit appareil se compose ordinairement de plusieurs plaques superposées dont l'une est fixe et dont les autres glissent dans des coulisseaux, suivant des directions contraires, grâce à des vis d'un pas très-fin. Plusieurs systèmes sont employés, ceux de Turrel, de Ch. Chevalier, de Strauss et de Nachet sont les plus usités. Les microscopes grand modèle de Nachet sont les seuls qui portent cet appareil.

Ajoutons qu'on accuse, ordinairement à juste titre, le chariot mobile d'enlever à la platine de sa stabilité. De plus, cet accessoire est peu utile dans la pratique; la plupart des observateurs préfèrent manœuvrer l'objet avec les doigts qui donnent aux mouvements plus de rapidité et de précision, lorsqu'on a pris l'habitude de travailler sous le microscope. Cependant, il est certains cas où le chariot peut être utile, mais à la condition qu'il soit très-bien construit. On trouve d'ailleurs chez les opticiens des appareils de ce genre qui peuvent s'adapter sur tous les microscopes, au moment du besoin. Le plus simple et le plus commode est la *barrette* de verre à frottement doux inventée par M. Nachet.

6. **Diaphragme variable.** — Une pièce très-importante et qui fait en partie corps avec la platine est le *diaphragme variable* inventé par Lebaillif. La lumière, avons-nous dit, est le plus souvent projetée par-dessous l'objet de manière à l'éclairer par transparence. Mais il est utile que, la direction de cette lumière étant donnée par le miroir dont nous parlerons bientôt, on puisse en modifier de diverses manières l'intensité. Tel est le but du diaphragme variable.

Sous sa forme la plus simple, c'est un cercle en métal noirci fixé par son centre en avant ou sur le côté de la platine et en dessous. Ce cercle est percé de trous de différents diamètres et tels qu'en le faisant tourner autour de son centre, chacun de ces trous puisse venir se placer sous l'ouverture circulaire dont la platine

elle-même est percée à son milieu. Et comme ces trous sont de plus en plus petits, on peut ainsi réduire autant qu'on le veut l'orifice par lequel passe la lumière pour éclairer l'objet.

Mais on comprend que, de cette manière, l'orifice réel par lequel passent les rayons lumineux est celui du diaphragme, et que cet orifice est distant de l'objet à éclairer de toute l'épaisseur de la platine, puisque l'objet est sur cette platine, tandis que le diaphragme est au-dessous. De là peut résulter, surtout si le trou qu'on utilise dans le diaphragme est fort petit, une grande déperdition de lumière. Il faut qu'on puisse ramener ce trou du diaphragme à se trouver au même niveau et sur le même plan que la face supérieure de la platine, c'est-à-dire immédiatement sous la préparation.

Pour cela, on a imaginé le *diaphragme à tube* dont la disposition varie suivant les constructeurs. La plus simple et la plus commode a été imaginée par M. Nachet.

Au lieu du cercle excentrique percé de trous de divers diamètres, M. Nachet fixe sous la platine un levier A (fig. 7) qui tourne autour de l'une de ses extrémités de manière à pouvoir venir placer son autre extrémité (A) sous le trou de cette platine (fig. 6) ou se développer en avant ou sur le côté, comme l'indique la figure 7. Ce levier porte un collier ou coulant dans lequel on peut glisser à frottement, de bas en haut, un tube B couronné à son bord inférieur par un cordon moleté. Ce tube est ouvert à ses deux extrémités. C'est lui que les rayons lumineux vont traverser, lorsqu'il sera en place, pour aller éclairer l'objet. Pour réduire son diamètre et remplacer les trous de l'ancien diaphragme, on peut le coiffer d'une série de petites capsules mobiles percées de trous de différentes grandeurs. Ainsi, quand on a fait choix de la capsule diaphragme qu'on veut employer, on la place en A, on ramène le levier sous la platine où un arrêt vient le fixer, de telle sorte que le centre du diaphragme se trouve exactement dans l'axe de l'ouverture de ladite platine.

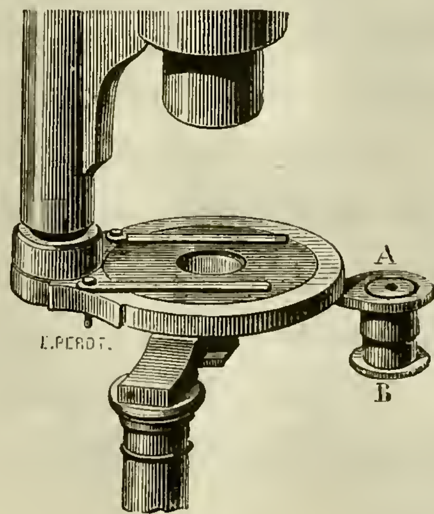


Fig. 7. — Diaphragme à tube, de Nachet, et platine tournante.

et il ne reste plus qu'à amener le plan du disque troué au niveau de la surface supérieure de la platine. Pour cela, on n'a qu'à renfoncer de bas en haut le tube B dans le tube A; il le dépasse bientôt et s'élève peu à peu dans le trou de la platine à la hauteur voulue et jusqu'à ce que le disque percé apparaisse au niveau de la surface. Il ne peut s'élever plus haut parce que le tube B se trouve à ce moment arrêté par le rebord moleté dont il est garni par en bas.

On peut ainsi employer des disques percés de trous plus ou moins petits, ou garnis d'une glace dépolie suivant l'éclairage que l'on veut produire. Il n'est d'ailleurs pas toujours nécessaire d'amener le tube porte-diaphragme en dehors de la platine pour remplacer les disques l'un par l'autre. On peut faire cette substitution pardessus la platine, le petit appareil étant en place et le tube du microscope relevé d'une quantité suffisante.

Pour faire jouer le levier et le ramener en dehors de la platine, on comprend qu'il faut renfoncer, avec le doigt, le tube B dans son support, de manière à ce qu'il ne dépasse plus la surface inférieure de la platine. Il est, en effet, des cas où l'on doit supprimer tout diaphragme, par exemple lorsqu'on veut éclairer l'objet avec la lumière oblique ou rasante, ainsi que nous l'expliquerons plus loin.

D'autres systèmes plus compliqués sont encore employés ; ainsi l'on peut combiner le diaphragme circulaire à trous avec le système du tube, mais celui que nous venons de décrire remplit parfaitement toutes les exigences.

La figure 7 représente l'appareil amené en dehors de la platine, laquelle est tournante et a exécuté sur son axe un quart de révolution.

Le tube du diaphragme sert en même temps à soutenir quelques appareils particuliers, condensateurs, prismes de Nicol, etc., etc., dont nous parlerons plus tard.

7. **Miroir.** — Au-dessous est placé le miroir réflecteur destiné à diriger la lumière sous l'objet placé sur la platine. Ce miroir est ordinairement concave d'un côté afin de concentrer les rayons lumineux sur l'objet, et plan de l'autre afin de donner au besoin un éclairage moins intense et de fournir des rayons parallèles. Ces miroirs sont en verre étamé au mercure ou argenté chimiquement.

Ce système a l'inconvénient de donner deux faisceaux de lumière, le premier réfléchi sur la surface supérieure du verre et le second sur l'étamage. On remédie à ce défaut en employant du verre très-mince, de telle sorte que les deux faisceaux coïncident à très-peu de chose près. Dans tous les cas, ce système est encore préférable aux miroirs métalliques ou à ceux de verre métallisés sur la surface supérieure et dits *à la Foucault*, miroirs qui se ternissent rapidement et sont bientôt hors de service.

On doit avoir soin que les miroirs soient bien serrés dans leur monture, sans quoi, lorsqu'on les essuie, leur frottement l'un contre l'autre raye ou enlève l'étamage. Les observateurs au microscope n'ont pas toujours assez soin du miroir de leur instrument et c'est un tort, car un miroir en mauvais état donne une mauvaise lumière; or, surtout avec les forts grossissements, la valeur des observations micrographiques dépend souvent en grande partie de la nature de l'éclairage, et l'on impute parfois à des défauts dans l'objectif ce qui ne vient que du miroir.

Le miroir est soutenu sous la platine par un support articulé qui doit permettre non-seulement de lui donner toutes les inclinaisons, sous l'ouverture de la platine de manière à diriger dans le centre de celle-ci un faisceau de lumière perpendiculaire à sa surface, lumière qu'on appelle alors *centrale*, mais aussi de l'éloigner en avant ou sur les côtés, en dehors de l'axe de l'ouverture, sous des inclinaisons quelconques, afin de diriger sous l'objet un faisceau de lumière *oblique*. Le miroir doit aussi pouvoir se rapprocher et s'éloigner de la platine, dans une direction verticale et sans cesser de donner la lumière centrale.

8. **Pied.** — Le pied du microscope avait autrefois la forme d'un tambour ou d'une niche dans laquelle était placé le miroir, privé ainsi des mouvements de latéralité qui permettent l'éclairage oblique dont nous venons de parler.

Dans les modèles modernes, le pied est constitué par une ou deux colonnes verticales fixées sur une plaque métallique de forme variable, carrée, discoïde ou plus souvent en forme de fer à cheval ou de trépied. Cette plaque métallique doit être épaisse et lourde, de manière à donner le plus de stabilité possible à l'instrument.

9. **Microscopes droits et microscopes inclinants.** — La colonne ou les colonnes qui forment le support du microscope peuvent être rigides et, par conséquent, maintenir l'instrument dans une position verticale. On a alors un *microscope droit*.

Mais la colonne peut être articulée à charnière, ou bien les deux colonnes supporter un axe horizontal autour duquel l'instrument se meut de manière à ce qu'au besoin, le tube puisse prendre toutes les inclinaisons. Dans ce mouvement, d'ailleurs, la platine suit l'inclinaison du corps de l'instrument et sa surface reste toujours perpendiculaire à l'axe du tube (fig. 6). On a ainsi le *microscope à inclinaison*.

Cette disposition, qui n'est pas indispensable, et qu'on ne peut d'ailleurs pas utiliser dans tous les cas, a cependant de grands avantages, ainsi que nous l'expliquerons plus loin ; aussi nous engagerons toujours les personnes qui veulent avoir un instrument aussi parfait que possible à faire choix d'un microscope à platine tournante et à inclinaison.

II. — Partie optique du microscope.

Composition générale du système optique. La partie optique du microscope se compose essentiellement, avons-nous dit, de l'objectif et de l'oculaire ; nous avons donc à examiner la composition et le rôle de chacun de ces deux systèmes.

Sauf pour les très-faibles grossissements, l'objectif se compose ordinairement de trois lentilles, parce qu'il est démontré par l'expérience et par les lois de la physique que l'assemblage de plusieurs lentilles donne une aberration de sphéricité moins considérable qu'une lentille unique ayant la même distance focale que l'ensemble des lentilles combinées. De plus, ces lentilles sont plan-convexes, la partie plane tournée du côté de l'objet, d'abord parce que ces lentilles ont une aberration de sphéricité plus petite que des lentilles biconvexes de même longueur focale, et ensuite parce que les objectifs sont souvent formés de lentilles toutes achromatiques. Or, ces lentilles achromatiques se composent d'une lentille biconvexe en crown-glass doublée en avant, c'est-à-dire du côté de l'objet

lumineux, d'une lentille plan-concave en flint-glass dont la concavité a la même courbure que la convexité de la lentille de crown, l'embrasse par tous ses points et même lui est soudée avec du baume de Canada, pour empêcher les réflexions sur les surfaces de séparation. L'ensemble de ces deux verres constitue donc une lentille plan-convexe dont la partie plane, en flint, est tournée du côté de l'objet lumineux, et la partie convexe, en crown, tournée du côté de l'image, c'est-à-dire de l'œil.

Plus la courbure des lentilles est considérable, plus le grossissement obtenu est grand, mais aussi plus la distance focale est courte et plus les aberrations de sphéricité et de refrangibilité sont considérables ; plus grande est la zone des rayons marginaux qu'il faut éliminer, et plus petite la quantité de lumière qui arrive à l'œil après avoir traversé l'objectif dont la surface est ainsi réduite.

Aussi, le pouvoir d'amplification des objectifs pris isolément est-il toujours beaucoup plus faible qu'on ne le croit ordinairement ; car le grossissement donné par le microscope composé résulte de l'action combinée de l'objectif et de l'oculaire, et la plus grande amplification est donnée par l'oculaire.

L'oculaire, en effet, qui théoriquement ne se compose que d'une lentille plan convexe non achromatique et à convexité tournée par en bas, a pour but d'amplifier à son tour l'image réelle fournie par l'objectif, comme le ferait une simple loupe, et de donner à l'œil la sensation d'une image agrandie, droite et virtuelle de l'image réelle et renversée donnée par l'objectif. Si donc l'objectif agrandit l'objet de 40 fois son diamètre (ce qui, pour l'objectif seul, est déjà considérable) et que l'oculaire ait un pouvoir amplifiant de 10 diamètres, l'image 40 fois agrandie de l'objet sera décuplée par l'oculaire, et le système complet, objectif et oculaire, fournira un grossissement de 400 diamètres.

L'oculaire ou *verre de l'œil* est, nous l'avons dit, constitué par une lentille plan-convexe (parce que cette forme, nous le savons, donne moins d'aberration de sphéricité), et n'est pas achromatique parce qu'en tournant sa convexité par en bas, tandis que celle des lentilles de l'objectif est tournée par en haut, son aberration de réfrangibilité agit en sens inverse de celle qui subsiste toujours

en partie, et malgré l'achromatisation, dans les lentilles objectives dont la courbure est beaucoup plus grande, par conséquent, ces deux effets se corrigent sensiblement l'un par l'autre.

D'ailleurs, l'oculaire n'est jamais constitué par le seul *verre de l'œil* ou *verre frontal*, comme nous l'avons supposé un moment. On associe toujours à ce verre une seconde lentille plan-convexe, à convexité tournée par en bas, et dont le rôle a été défini par Huyghens.

Ce second verre de l'oculaire a reçu le nom de *verre de champ*, parce qu'un de ses effets est d'agrandir le *champ* du microscope, c'est-à-dire l'espace visible à travers tout le système oculaire et objectif de l'instrument. En même temps, il combat les aberrations de sphéricité et de refrangibilité, augmente la lumière qui parvient à l'œil, mais diminue un peu la grandeur de l'image.

On place, de plus, entre le verre de champ et le verre de l'œil, au foyer de celui-ci, un diaphragme, c'est-à-dire un disque de métal noirci, percé d'une ouverture calculée pour arrêter les rayons qui ont traversé les bords du verre de champ. On ne laisse ainsi concourir à la formation de l'image définitive, et pénétrer dans l'œil, que les rayons centraux.

Ces explications données, nous pouvons indiquer maintenant la marche des rayons lumineux dans le microscope et exposer, au moins d'une manière générale, la formation de l'image fournie par cet instrument.

Marche des rayons lumineux dans le microscope. — L'objet, fortement éclairé (comme nous l'indiquerons plus tard), est placé devant les lentilles objectives un peu plus loin que le foyer de ce système afin de donner une image réelle, car s'il était placé au foyer même, les rayons sortant des lentilles seraient parallèles et ne donneraient pas d'image, et s'il était placé en deçà, les rayons seraient divergents et ne donneraient qu'une image virtuelle, laquelle ne serait pas perçue par l'œil placé trop loin derrière ces lentilles.

Dans cette position les rayons qui traversent l'objectif se réfractent et s'entre-croisent à une très-petite distance au-dessus du système, puis ils se propagent en suivant la dernière direction que eur a donnée la réfraction, les rayons extrêmes s'écartant après

s'être croisés afin d'aller former, suivant la théorie connue des lentilles convexes, une image réelle et renversée de l'objet assez loin derrière l'objectif, parce que l'objet est placé, en avant, très-près du foyer. Mais un peu après s'être croisés, les rayons rencontrent, à une petite distance au-dessus de l'objectif, un premier diaphragme destiné à arrêter ceux qui sont les plus déviés et qui, en allant se réfléchir sur les parois internes du tube, viendraient par leur dispersion troubler la netteté de l'image.

Cette image, avons-nous dit, est réelle ; elle existe réellement, formée par le concours, sinon absolument exact, au moins à peu près complet, des rayons émanés de l'objet qui ont traversé les lentillles et n'ont point été supprimés par le premier diaphragme. Elle existe réellement, car, en descendant dans le tube du microscope dont on a enlevé l'oculaire, une rondelle de papier ou de verre dépoli, on peut la recueillir et constater qu'elle est renversée ; c'est-à-dire que la partie droite de l'objet est à gauche de l'image et réciproquement, en raison de l'entre-croisement des rayons au-dessus de l'objectif, ainsi qu'on le sait.

S'il n'y avait pas de verre de champ, cette image viendrait se former entre le foyer du verre de l'œil et ce verre lui-même qui, fonctionnant alors comme loupe, permettrait de regarder cette image, ainsi qu'un objet réel, à une petite distance, quelques centimètres, au lieu de la voir à la distance de 22 centimètres environ, considérée comme étant celle de la vision distincte. Cette image, ainsi examinée à la loupe, fournirait donc une nouvelle image, virtuelle, non renversée, et qui paraîtrait agrandie parce que les rayons émanés de la première, entrant dans l'œil en convergeant après avoir traversé la loupe, permettraient de la voir sous un angle visuel plus grand qui reporterait l'image virtuelle à une distance d'environ 22 centimètres, distance de la vision distincte.

Mais il n'en est pas ainsi. Avant de former l'image réelle de l'objet, les rayons qui ont traversé les lentilles objectives tombent sur le verre de champ qui les réfracte de nouveau, les concentre, pour ainsi dire, et, ajoutant son effet à celui de l'objectif, les réunit derrière lui un peu plus tôt qu'ils ne l'auraient fait si ce verre de champ n'eût pas existé. Réunis plus tôt derrière le verre de champ, ces

rayons forment une image plus petite qu'ils ne l'auraient formée, mais infiniment plus brillante, en raison même de la concentration des rayons qui tombent sur toute la surface de cette lentille et sont rassemblés par elle, tandis qu'une grande partie des rayons extrêmes eût été se disperser sur les parois du tube avant d'avoir pu concourir à la formation de l'image. Ils sont ainsi relevés vers l'axe, ce qui diminue l'aberration de refrangibilité ; et quant aux rayons tout à fait extrêmes, ils sont arrêtés par un second diaphragme placé juste au foyer du verre de l'œil. C'est donc tout près de ce diaphragme et dans son ouverture que se forme l'image réelle et renversée de l'objet qui eût été se former un peu plus loin, un peu plus grande, mais beaucoup moins nette.

Le verre de l'œil transmet cette image, comme nous l'avons indiqué, en formant loupe et donne une image non renversée, virtuelle, de cette image réelle que l'observateur rapporte à la distance de la vision distincte. Il lui attribue une amplification d'autant plus grande que les rayons extrêmes qu'il reçoit dans l'œil sont plus convergents, c'est-à-dire que la courbure de l'oculaire est plus grande ; amplification variable aussi, mais dans de courtes limites, suivant que l'observateur est myope ou presbyte, car, dans chacun de ces cas, la distance de la vision distincte n'est pas la même (1).

Ajoutons que si le verre de champ diminue l'aberration de sphéricité, parce qu'il ajoute son effet dans ce sens à celui du verre de l'œil, effet inverse à celui des lentilles objectives, il augmente le *champ* du microscope parce qu'en rapprochant les rayons réfractés par l'objectif, il permet à un bien plus grand nombre des rayons extrêmes du faisceau d'arriver à l'œil et, par conséquent, agrandit la partie de la préparation visible pour l'observateur.

Des oculaires. — Les oculaires n'ont pas tous la même distance focale et ne donnent pas le même grossissement. On emploie ordinairement trois ou quatre oculaires suivant les opticiens, portant les numéros 1, 2, 3, 4 ; quelquefois un cinquième, mais ce dernier, très-court et le plus grossissant, obscurcit beaucoup l'image, de sorte

(1) Il n'est pas absolument exact, nous le répétons, de dire que l'œil rapporte à 22 centimètres l'image de l'objet vu à travers une loupe ou dans le microscope. Il y a une différence sensible, et variable d'ailleurs, dont nous parlerons plus tard.

qu'on ne peut guère l'employer utilement avec les objectifs très-forts, et d'autant moins que sa courbure très-prononcée lui donne des aberrations de sphéricité et de refrangibilité considérables, d'où résultent une déformation et une coloration notables de l'image. Le champ paraît courbe et non plus plan.

Les opticiens graduent ordinairement les oculaires de telle sorte que le troisième donne un grossissement double de celui que fournit le premier, et le second une amplification intermédiaire. Les numéros 3, 4, grossissent généralement à peu près 10 fois ; et il est très-commode pour la mesure des grossissements donnés par les objectifs, d'avoir un oculaire dont l'amplification soit de 10 diamètres. M. Nachet est le seul, à ce que nous croyons, dont les oculaires n° 3 donnent sensiblement ce grossissement.

Les deux verres de l'oculaire sont montés dans des disques de laiton qui se vissent aux deux extrémités d'un tube de même métal. Les parois intérieures de ce tube sont noircies, afin d'absorber les rayons qui pourraient se réfléchir sur elles, et portent, au niveau du foyer du verre de l'œil, le diaphragme dont l'ouverture est calculée et dont nous avons parlé plus haut.

C'est l'ensemble de ce petit appareil qu'on appelle ordinairement *oculaire*. Les Anglais le désignent sous le nom d'*oculaire d'Huyghens* à cause du verre de champ employé d'abord par Huyghens, mais en sens inverse, dans les oculaires de télescopes.

L'oculaire et l'objectif sont fixés aux deux extrémités d'un tube de laiton noirci à l'intérieur et composé ordinairement de deux tubes rentrant l'un dans l'autre, *à tirage*, afin qu'on puisse diminuer la longueur de l'ensemble quand on veut renfermer l'instrument dans sa boîte, ou encore diminuer le grossissement sans changer la combinaison optique. L'oculaire entre à frottement doux ou *à chute* dans le tube du microscope, et l'objectif se visse à l'extrémité d'une pièce qu'on appelle le *cône* ou le *nez* et qui termine l'extrémité inférieure de ce même tube.

Des objectifs. — L'objectif est, nous l'avons dit, composé de trois lentilles plan-convexes, au moins dans les grossissements un peu considérables. Nous savons aussi, et nous en avons indiqué la rai

son, que ces lentilles sont de plus en plus petites à mesure que le pouvoir amplifiant est plus considérable.

Dans les objectifs faibles, la lentille *frontale*, c'est-à-dire celle qui est placée près de l'objet, est achromatique et composée de deux verres, crown et flint.

C'est Ch. Chevalier qui construisit, en 1284, la première lentille achromatique pour microscope. Elle avait 4 lignes de foyer, 2 lignes de diamètre et une ligne d'épaisseur ; en 1825, il présenta avec Vincent Chevalier, son père, à la Société d'encouragement, un microscope achromatique sous le nom de *microscope d'Euler*. De 1828 à 1830, Ch. Chevalier achromatisa des lentilles d'une ligne et d'une demi-ligne de foyer. Et dès lors l'usage des forts grossissements devint général. Les instruments de Ch. Chevalier furent imités par tous les constructeurs de l'Europe, et, jusque vers 1855, tous les objectifs furent constitués d'après les idées de Chevalier, c'est-à-dire composés de lentilles toutes et séparément achromatisées.

Mais depuis Amici (1855), les trois lentilles des objectifs ne sont plus achromatiques. Ainsi, par exemple, les objectifs supérieurs à celui qui porte le numéro 4 dans la série de Nachet (1) sont formés par une lentille frontale plan-convexe, très-convexe en arrière et non achromatique. Les aberrations de réfrangibilité et de sphéricité sont corrigées par les deux dernières lentilles flint et crown.

Nous l'avons dit, d'ailleurs, l'aberration n'est jamais absolument corrigée; si l'on parvient à réunir les rayons extrêmes, violets et rouges, que fournissent les bords des lentilles, on ne peut réunir complétement les rayons moyens du spectre; aussi l'image laisse-t-elle encore deviner sur ses bords une coloration jaune verdâtre provenant des rayons moyens. Cependant on préfère *corriger par excès*, c'est-à-dire donner une plus grande épaisseur au flint de manière à ce que la bordure soit colorée par les rayons les plus voisins des rayons les plus réfractés, c'est-à-dire bleuâtre. Cette couleur est plus douce, plus agréable et moins sensible à l'œil que celle qu'on obtiendrait en donnant moins d'épaisseur au flint.

(1) $\frac{1}{5}$ de pouce de longueur focale.

ce qui *corrigerait par défaut* et colorerait les bords de l'image suivant la nuance des rayons les moins réfractés après les rouges, c'est-à-dire en orangé rougeâtre, teinte très-saillante et à laquelle l'œil est le plus sensible. Les objectifs anglais ont très-souvent ce défaut, ce qui tient à ce qu'en Angleterre on éclaire très-fréquemment le microscope avec des lampes dont la lumière est naturellement un peu jaune, ce qui rend insensible la coloration fournie par l'objectif, coloration que, pour cette raison, on ne cherche pas à neutraliser.

CHAPITRE IV

DES SYSTÈMES OBJECTIFS

Nous avons à examiner dans les objectifs la *distance focale*, le *grossissement*, et l'*angle d'ouverture*.

Distance focale. — On désigne ordinairement les objectifs d'après la longueur focale principale du système des lentilles ou, pour parler plus exactement, de la lentille unique qui donnerait le même grossissement; ainsi un objectif de 2 millimètres de foyer n'a pas réellement 2 millimètres de distance focale, mais donne le même grossissement qu'une lentille simple qui aurait cette longueur de foyer. Malheureusement, ce renseignement n'a qu'une valeur relative parce que d'un constructenr à l'autre, des lentilles ou des objectifs de même foyer n'ont pas le même grossissement et surtout ont des distances réelles, entre la lentille frontale et l'objet, très-variables suivant le mode de construction de l'objectif.

On conserve souvent dans la nomenclature des objectifs, ainsi que le font les Anglais et les Américains, l'ancienne notation en pouces et lignes. En Angleterre et en Amérique, les objectifs ne sont pas désignés autrement que par cette longueur focale de la lentille théorique qu'ils représentent; en France et en Allemagne, on la distingue par des numéros d'ordre ou par des lettres, système qui serait plus commode si tous les opticiens avaient adopté la même série et si leurs numéros se correspondaient.

A titre de renseignement, nous donnons dans le tableau ci-après les séries d'objectifs de quelques-uns des principaux constructeurs de l'Europe, en établissant le plus possible la concordance. Les plus forts numéros correspondent aux plus forts grossissements et les chiffres les plus faibles aux moindres pouvoirs d'amplification.

Grossissement. — Quant au pouvoir grossissant des séries d'objectifs telles que les construisent les différents opticiens, nous ne pouvons en donner le tableau comparatif qui serait infinement trop long et peu utile, rien n'étant moins certain que les chiffres posés comme représentant les grossissements, ainsi que nous le verrons plus tard. Nous nous bornerons à indiquer les grossissements fournis par les objectifs de M. Nachet dont la série est très-longue, très-régulière et donne les plus forts grossissements avec les plus grandes distances focales, et comparativement, ceux de la série de MM. Hartnack et Prazmowski (V. page 40).

Comme les grossissements varient avec les oculaires qu'on associe aux objectifs, nous indiquons pour la série de M. Nachet les deux limites supérieure et inférieure, correspondant aux oculaires 1 et 3 jusqu'à l'objectif n° 5, et correspondant aux oculaires 1 et 4 à partir de l'objectif n° 6 à immersion. La même observation s'applique aux objectifs de MM. Hartnack et Prazmowski dont nous donnons les grossissements du n° 1 au n° 9 avec les oculaires 1 et 4 et à partir du n° 8 à immersion avec les oculaires 1 et 5 (1).

(1) MM. Hartnack et Prazmowski emploient 6 oculaires dont les n°s 3 et 4 correspondent sensiblement aux n°s 2 et 3 de Nachet.

Tableau des séries d'objectifs des principaux constructeurs de l'Europe.

R. et J. Beck (Londres)	Th. Ross et Cie (Londres)	Powell et Lealand (Londres)	J. SWIFT (Londres)	NACHET (Paris)	Hartnack et Prazmowski (Paris)	CHEVALIER (Paris)	VÉRICK (Paris)	C. ZEISS (Iéna)	SCHIECK (Berlin)	S. PLÖSSL (Vienne)
pouces.										
4	4	4	4							
3	3	3	3					a [2 p. 2/3]		
2	2	2	2	N° 0	N° 1	N° 1	N° 0		N° 1	
1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2					aa [4/3]		
1	1	1	1	1	2		1		2	A
2/3	2/3	2/3				2		A		
					3 [3/4]		2		3 [3/4]	
1/2	1/2	1/2	1/2	2	4	3	3		4	B
4/10		4/10						B		
	3/10									C [1/3]
1/4		1/4	1/4	3	5	4	4	C	5	D
1/5	1/5	1/5	1/5	4	6?	5	5 ?		6	
			1/6		7	6	6	D	7	E
	1/7									
1/8		1/8	1/8	5		7		N° 1 imm.	8	
					8 [1/9]		7	E		F
1/10	1/10			6		8	8		9	
					9 [1/11] sec.					
		1/12	1/12		9 imm.	9			9 imm.	G
				7 [1/14]			9	F		
	1/15			8				N° 2 imm.		H, I, J
		1/16			10	10			10	
					12 [1/18]				11	K
1/20				9						
					12 [1/21]		10			
	1/25	1/25			13		11 ?	N° 3 imm.	12 [1/24]	L [1/24]
					14 [1/28]		12 ?			
		1/30		10						
					15 [1/33]				13 [1/32]	
1/40				11	16				14	M [1/36]
					17 [1/45]					N [1/48]
		1/50		12	18				15	

Objectifs à sec (1).

NACHET. Oculaires de 1 à 3.						HARTNACK ET PRAZMOWSKI. Oculaires de 1 à 4.					
Obj. N°	0	Gross. de	30 à	60	diam.	Obj. N°	1	Gross. de	15 à	60	diam.
—	1	—	80	140	—	—	2	—	25	80	—
—	2	—	180	350	—	—	3	—	50	120	—
—	3	—	260	500	—	—	4	—	60	180	—
—	4	—	300	590	—	—	5	—	100	240	—
—	5	—	350	680	—	—	6	—	150	350	—
						—	7	—	200	450	—
						—	8	—	250	600	—
						—	9	à sec.	350	860	—

Objectifs à immersion et correction.

NACHET. Oculaires de 1 à 4.						HARTNACK ET PRAZMOWSKI. Oculaires de 1 à 5.					
Obj. N°	6	Gross. de	460 à	1200	diam.	Obj. N°	9 à imm.	Gross. de	410 à	1300	diam.
—	7	—	580	1750	—	—	10	—	520	1500	—
—	8	—	775	2000	—	—	11	—	600	1750	—
—	9	—	900	2500	—	—	12	—	710	2060	—
—	10	—	1150	2750	—	—	13	—	820	2370	—
—	11	—	1320	3150	—	—	14	—	930	3350	—
—	12	—	1700	4500	—	—	15	—	1040	3080	—
						—	16	—	1200	3300	—
						—	17	—	1400	3500	—
						—	18	—	1560	4500	—

La longueur du foyer ou de la distance focale d'un objectif, qui est pour ainsi dire une valeur théorique, ne doit pas être confondue avec la *distance frontale*, c'est-à-dire la distance qui existe réellement entre la lentille frontale, et le foyer du système, ou mieux encore entre la face antérieure de la lentille frontale et le point où l'objet doit être placé, en avant, pour donner l'image la plus nette. Cette distance frontale est très-importante à considérer dans un objectif, car c'est de sa valeur plus ou moins grande que dépend, dans la pratique, la commodité du système. Avec une distance frontale trop petite , on ne peut couvrir les préparations qu'avec des verres excessivement minces quand on emploie de forts grossissements, et l'on s'expose à briser à chaque instant les préparations.

Les objectifs de M. Nachet sont particulièrement commodes à

(1) Tous ces calculs de grossissements sont faits en prenant la dimension de l'image du micromètre objectif à la chambre claire, à la distance de 22 centimètres, et l'on ne peut considérer les chiffres que comme approximatifs.

cause de leur grande distance frontale ou, comme on dit improprement, de leur long foyer.

Quant au grossissement, nous aurons à revenir plus tard sur cette question en indiquant les procédés qui servent à le mesurer (voir *Micrométrie*).

Angle d'ouverture. — On appelle *angle d'ouverture* d'un objectif, l'angle que font entre eux les rayons extrêmes émanant de l'objet et utilisés pour la formation de l'image.

« Bien des conditions, dit M. Ch. Robin, font que ces rayons sont réellement efficaces ou, au contraire, qu'ils n'arrivent pas à concourir à la formation de l'image, et pourtant leur rôle a une importance telle, dans cette formation d'images, qu'elle surpasse comme résultat définitif les avantages du grossissement seul. En d'autres termes, on peut avoir des objectifs très-puissants montrant beaucoup moins de détails que des objectifs plus faibles, construits en vue d'obtenir un grand angle d'ouverture, c'est-à-dire d'obtenir la grande majorité des rayons obliques émanant de l'objet. Supposons la surface d'un objet bien également transparent, la perception des reliefs ou différences d'épaisseur est due aux différences de l'influence qu'exercent sur la lumière les inégalités de la surface. On voit, en y réfléchissant, que la perception de semblables inégalités sera très-faiblement obtenue par la vision centrale, mais qu'au contraire, les faisceaux obliques émanant d'une surface mamelonnée exerceront une influence dans la formation de l'image produite par cette surface ; de là l'effet vraiment étonnant de la lumière oblique sur des objectifs, même de ceux qui ont un petit angle d'ouverture. »

C'est Jackson Lister qui appela, en 1830, l'attention sur l'influence d'un grand angle d'ouverture dans les objectifs. Les opticiens anglais Ross et Powell construisirent bientôt des objectifs ayant de 60° à 70° d'ouverture (1842). En 1844, Amici en produisit un ayant 112° et, en 1845, ce perfectionnement important fut réalisé par Nachet père, qui porta dans les années suivantes l'angle d'ouverture de ses objectifs de 100 à 120°. Il présenta à l'Exposition universelle de Londres, en 1851, un objectif de 1/18 de pouce ayant un angle d'ouverture de 134°.

Pour comprendre l'influence de la grandeur de l'angle d'ouverture d'un objectif, on n'a qu'à jeter les yeux sur la figure 8 dans laquelle DBD′ représente la lentille frontale, et A un point de l'objet. Si l'objectif est construit de manière à ce que les rayons AC, AC′ soient les derniers qui puissent être utilisés par le système, le cône de lumière CAC′ sera le seul qui concourra à la formation de l'image et ne sera guère composé que de rayons centraux ; mais si,

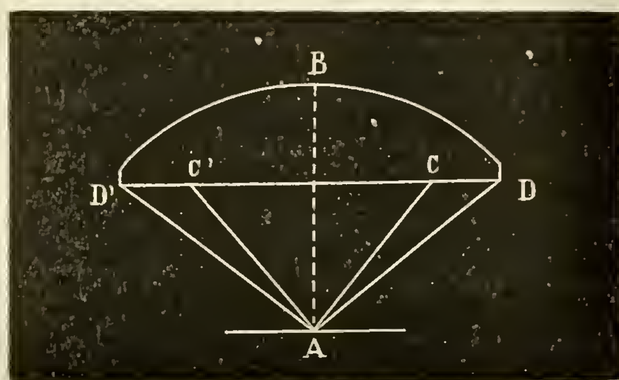


Fig. 8. — Angle d'ouverture des objectifs.

par une construction plus savante, on parvient à utiliser les rayons extérieurs à ce cône jusqu'à AD et AD′ qui deviendront les rayons extrêmes utilisés, on comprend que la quantité de lumière qui concourra à la formation de l'image sera beaucoup plus grande. De plus, l'obliquité des rayons marginaux dans l'espace DAC, D′AC′ permettra d'accentuer dans l'image les effets de perspective oblique qui rendent visibles les irrégularités et les détails existant à la surface de l'objet examiné. On peut dire que c'est de l'admission dans l'objectif de cette zone marginale que dépend la finesse de l'image.

L'angle d'ouverture de l'objectif considéré est précisément cet angle DAD′ que forment entre eux les rayons extrêmes utilisés AD, AD′.

C'est pour augmenter l'obliquité des rayons que l'on dispose le miroir sur des articulations de manière à éclairer l'objet latéralement ; de cette manière, l'image n'est plus formée que par des rayons très-obliques qui ont passé par un seul des bords de l'objectif.

Pour mesurer l'angle d'ouverture d'un objectif, le meilleur pro-

cédé est celui d'Amici, qui est très-facile à appliquer. Il est fondé sur le principe suivant :

Les rayons lumineux, après avoir traversé l'objectif, puis l'oculaire, viennent former au-dessus du verre de l'œil une image fort petite qui sera l'image du miroir, par exemple, si le miroir est éclairé. Cette image s'appelle l'anneau ou *cercle de Ramsden*. C'est en examinant l'anneau de Ramsden qu'on mesure le plus exactement l'angle d'ouverture.

Pour cela, on place le microscope verticalement sur une table noire ou sur un tapis d'étoffe sombre, et on y adapte l'objectif à examiner. Si le miroir est orienté de manière à éclairer la platine, on n'a qu'à approcher au-dessus de l'oculaire une feuille de papier fin et l'on voit se former sur cette feuille une très-petite image lumineuse qui renferme celle du miroir; tout autour, règne une zone plus sombre qui est l'image d'une portion de la table au pied du microscope. Si l'on place sur cette table de petits objets brillants, on voit aussitôt leur image se projeter, excessivement petite, à côté de celle du miroir.

Mais, ce qui vaut mieux, si, au lieu de projeter l'image sur un papier formant écran, on l'examine avec une loupe assez grossissante qu'on approche ou qu'on éloigne du verre de l'œil de manière à ce que l'image soit nette, on voit celle-ci notablement agrandie et se présentant comme un cercle au milieu duquel est l'image du miroir et, à l'entour, les petits objets brillants qui sont placés dans une certaine zone autour de ce miroir.

C'est toute cette zone qui envoie à l'objectif les rayons utiles concourant à la formation de l'image, et la largeur de cette zone est naturellement d'autant plus grande que l'angle d'ouverture de l'objectif est plus grand. C'est donc son diamètre qu'il s'agit de mesurer.

Pour cette mesure, il est plus commode de supprimer le miroir ou de le masquer, surtout quand on examine des objectifs faibles et à petit angle d'ouverture. Le cercle visible sur la table et qui projette son image près du foyer de la loupe est ainsi libre et faiblement éclairé. On prend alors deux objets brillants, deux morceaux de carton blanc (nous prenons tout simplement deux

objectifs de la collection, et sur le métal poli de la monture, la lumière pique deux étincelles très-brillantes qui fournissent de très-bons repères); on les place au centre du cercle et l'œil fixé sur leur image que la loupe permet d'apercevoir très-nette, on les éloigne l'un de l'autre aux deux extrémités d'un même diamètre, jusqu'à ce qu'ils atteignent les bords du cercle visible. Si nous appelons B et B′ (fig. 9) ces deux corps brillants que nous supposons arrêtés aux bords opposés du champ de la vision, dans l'image grossie par la loupe, et *o* le centre de la lentille frontale de l'objectif, l'angle B*o*B′ est l'angle d'ouverture.

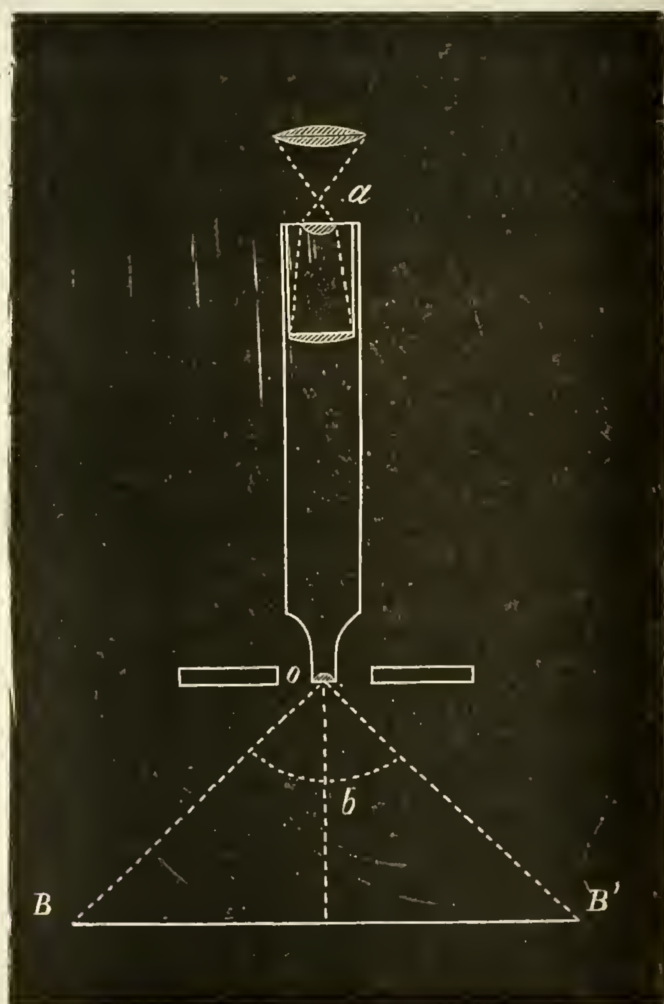


Fig. 9. — Mesure de l'ouverture.

On mesure l'écartement, sur la table, des deux corps B et B′, la hauteur verticale de l'objectif *o* au-dessus du plan de cette table, et l'on peut construire graphiquement sur le papier le triangle B*o*B′ sur lequel on mesure avec un cercle rapporteur l'angle B*o*B′.

La figure 9 dans laquelle *a* représente le point où se forme le cercle de Ramsden, et *b* l'angle d'ouverture, explique d'un coup d'œil l'opération que nous venons de décrire.

On peut aussi supprimer l'oculaire et examiner l'image formée par l'objectif dans le tube du microscope. Cette image est suffisamment grande pour qu'on n'ait pas besoin de se servir de loupe, ce qui devient d'ailleurs à peu près impossible dans ce cas.

Cette petite opération, et plusieurs autres analogues sont de celles qu'on doit s'exercer à faire, si l'on veut bien connaître l'instrument et ses propriétés optiques.

Les angles d'ouverture des objectifs de M. Nachet sont les suivants :

Obj. N°	0	angle d'ouv.	=	10°	Obj. N°	7	angle d'ouv.	=	160°
—	1	—	=	15°	—	8	—	=	175°
—	2	—	=	50°	—	9	—	=	175°
—	3	—	=	90°	—	10	—	=	175°
—	4	—	=	90°	—	11	—	=	175°
—	5	—	=	130°	—	12	—	=	175°
—	6	—	=	140°					

La grandeur de l'angle d'ouverture d'un objectif est fort utile, comme nous l'avons vu, mais ne doit cependant pas être exagérée, car elle diminue la distance frontale et nuit au *pouvoir de pénétration* de l'objectif, ainsi que nous le verrons bientôt. Poussée au delà d'une certaine limite, elle finit par produire des instruments qui sont des chefs-d'œuvre de construction, mais n'ont plus qu'une utilité pratique tout à fait secondaire. Les meilleurs opticiens anglais, Beck, Powell, Ross, Swift, et Zeiss, à Iéna, construisent deux ou trois séries d'objectifs ayant le même pouvoir grossissant, mais des angles d'ouverture différents.

Objectifs à correction.

Dans tout ce que nous avons dit jusqu'à présent sur la marche des rayons lumineux dans les objectifs nous avons raisonné comme si ces rayons émanés par l'objet entraient directement dans la lentille objective.

Or, il n'en est point ainsi : quand on examine un objet au microscope, on le place sur une lame de verre, *porte-objet*, ordinairement dans une goutte d'un liquide approprié, et on le recouvre d'une lamelle de verre mince, ou *couvre-objet*, dont l'effet est de rendre les rayons qui émergent, après avoir traversé l'objet, parallèles à leur direction primitive et incidente sur cet objet ainsi placé entre

deux lames également réfringentes et limitées par des surfaces parallèles.

Mais en traversant le couvre-objet, les rayons, tout en restant parallèles à leur direction première, n'en sont pas moins *transportés*, déplacés, et d'une quantité plus ou moins considérable suivant l'épaisseur du couvre-objet : peu, si le couvre-objet est mince, davantage si le couvre objet est plus épais.

Ils entrent donc, suivant ces différents cas, dans la lentille objective comme s'ils provenaient d'un objet placé à des distances différentes de cette lentille. Si donc la courbure et l'écartement des lentilles qui composent le système ont été calculés de manière à produire une image nette de l'objet quand celui-ci est placé à une certaine distance de la lentille frontale, cette image ne sera plus nette quand l'objet sera placé à une autre distance, ou du moins que les rayons qui en émanent entreront dans cette dernière lentille (en raison de leur déplacement) comme si l'objet était situé plus loin ou plus près (1).

(1) Soit LL' (fig. 10) la surface de la lentille frontale d'un objectif construit de manière à donner une image nette des objets recouverts d'une lamelle *mn m'n'*. Un point A de l'objet placé sous cette lamelle agira comme s'il était placé en A'. En effet *Aa* étant un rayon émis par le point A, il se réfracte en *ab* à travers le couvre-objet, puis en *bc* en sortant du couvre-objet et arrive sur l'objectif dans une direction parallèle à A*a*, mais déplacée et agissant sur les lentilles comme si le point A était transporté en A'. C'est pour un déplacement de cette valeur que l'objectif a été construit.

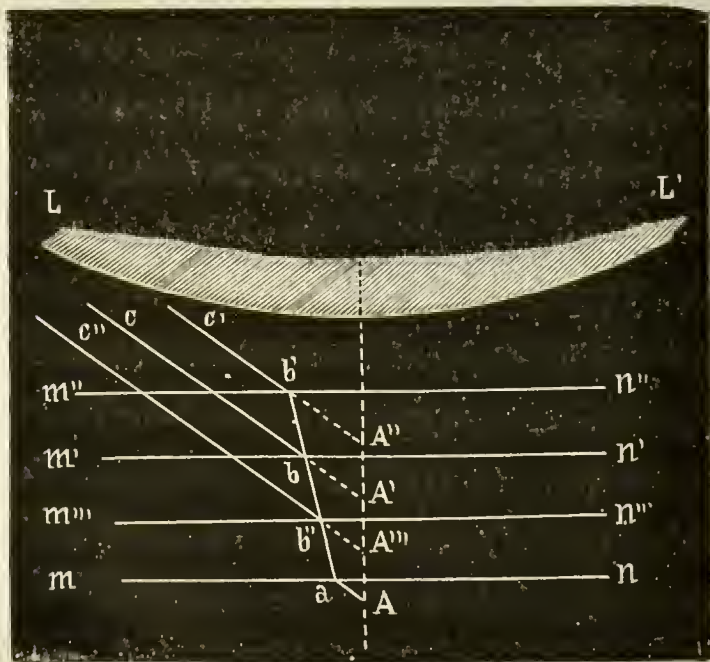


Fig. 10. — Influence de l'épaisseur du couvre-objet sur la marche des rayons lumineux.

Mais si le couvre-objet est plus épais, par exemple *mn m''n''*, le rayon A*a* se réfractera en *a'b'* et sortira en *b'c'*, parallèle à la direction précédente mais avec un déplacement plus considérable, et les rayons émanés du point A agiront sur l'objectif comme si ce point était en A''. Pour donner une image nette, l'objectif aura donc besoin d'une correction.

De même si le couvre-objet est plus mince et, par exemple, *mn m'''n'''*, le rayon A*a* se réfractera en *ab''* et sortira suivant *b''c''* qui agira comme si le point A était situé en A'''. L'objectif aura donc besoin encore d'être corrigé.

Dans le premier cas, couvre-objet plus épais que celui qui a été prévu, le point A

C'est l'aberration ainsi produite que l'on corrige dans les *objectifs* dits *à correction*. Amici avait eu l'idée de placer derrière les trois lentilles une quatrième lentille concavo-convexe dont la courbure dominante était tantôt convexe, tantôt concave, suivant que l'aberration était plus ou moins grande que celle en prévision de laquelle l'objectif avait été construit, c'est-à-dire *positive* ou *négative ;* mais c'est J. Lister qui mit sur la voie du procédé actuel de correction, lequel fut appliqué, pour la première fois, par Andrew Ross, en 1837, et qui a pour principe de rendre variable l'écartement des lentilles composant l'objectif.

Nous ne pouvons entrer ici dans tous les détails théoriques et techniques que comporte ce sujet, nous dirons seulement que, quand l'aberration est positive, c'est-à-dire produite par une lamelle trop mince, on la corrige en écartant les lentilles; quand elle est négative, produite par une lamelle trop épaisse, on la corrige en rapprochant les lentilles.

Ce résultat, la mobilisation des lentilles, peut être atteint de plusieurs manières. On peut éloigner ou rapprocher la lentille frontale des deux autres qui restent fixes, ce qui a l'inconvenient de changer en même temps la distance de l'objet à cette lentille frontale et de faire disparaitre l'image quand on manœuvre la correction. On peut faire marcher les deux premières lentilles et laisser la dernière fixe, ce qui a le même imconvénient. C'était le système de Ross. La lentille frontale et la dernière peuvent s'éloigner ou se rapprocher de la seconde, ce qui constitue la correction double (Hartnack) et fait encore disparaître l'image qui était *au point*. Enfin, on peut laisser la lentille frontale fixe et faire mouvoir l'une des deux autres ou toutes les deux, ce qui a l'avantage de conserver la distance de l'objet à la frontale et de laisser celui-ci toujours visible : on n'a qu'à corriger, par la vis micrométrique, la

est rapproché des lentilles, en A″; il faudra donc que la correction rapproche le foyer du système objectif pour aller chercher le point A″. Ce qui se fera en rapprochant les unes des autres les lentilles qui composent ce système.

Dans le second, couvre-objet trop mince, le point A, que l'opticien avait admis devoir être transporté en A′, est éloigné de l'objectif, puisqu'il n'est transporté qu'en A‴. La correction devra donc allonger le foyer de l'objectif pour le rapprocher du point A‴, ce qui se fait en éloignant les unes des autres les lentilles qui composent cet objectif.

Telle est toute la théorie de la correction.

mise au point légèrement altérée. C'est le système de Nachet, de Wenham et de plusieurs autres constructeurs.

Quant au mécanisme au moyen duquel on réalise ce mouvement, il est, dans les objectifs à correction de M. Nachet, combiné de la manière suivante. La lentille frontale est montée à demeure à l'extrémité d'un tube métallique dans l'intérieur duquel est un second tube. Les deux autres lentilles (ou seulement la dernière, la seconde étant fixée sur la frontale) sont serties sur ce tube qui peut se mouvoir dans le premier à l'aide d'un collier moleté entourant celui-ci. Quand on tourne ce collier, le tube intérieur monte ou descend dans le tube extérieur et rapproche ou éloigne de a frontale les lentilles qu'il porte.



Fig. 11. — Objectif à correction Nachet.

Le sens dans lequel il se meut est indiqué à l'extérieur par un petit index placé sur le côté de l'appareil et vis-à-vis duquel sont tracées les deux lettres C et D, marquant la position de l'index quand l'objet est *couvert* par le couvre-objet, ou *découvert* (1). L'objectif étant en place, il faut donc, pour établir la correction, mettre l'instrument au point et tourner le collier dans un sens ou dans l'autre, suivant que la lamelle est épaisse ou mince. Si elle est épaisse, il faut tourner en *vissant* ce qui effectivement visse le second tube dans le premier et rapproche les lentilles ; si la lamelle est mince, on tourne le collier en *dévissant*, ce qui produit l'effet contraire et éloigne les lentilles. On rétablit le point qui a été altéré et l'on continue ainsi jusqu'à ce que l'image ait atteint son maximum de netteté.

La correction n'est réellement utile qu'avec un certain grossissement ; M. Nachet ne l'applique qu'à partir de l'objectif n° 4.

Objectifs à immersion.

Mais ce n'est pas tout encore ; après avoir traversé le couvre-objet dont nous venons de voir comment on corrige l'effet sur les

(1) *Couvert* correspond à « verre trop épais », *découvert* à « verre trop mince ». On devrait changer ces expressions qui proviennent d'expériences faites avec les Diatomées examinées à découvert (sans couvre-objet) ou couvertes d'une lamelle, et qui ne s'accordent pas avec les conditions ordinaires de la pratique.

rayons lumineux, ceux-ci ont encore à traverser, avant d'entrer dans la lentille frontale, la couche d'air plus ou moins épaisse qui sépare la surface supérieure du verre mince de la face inférieure de la lentille ; couche d'air qui imprime aux rayons deux réfractions, la première quand ils y entrent, la seconde quand ils en sortent pour entrer dans la lentille.

Si le verre mince et la lentille ne formaient qu'un seul et même morceau de verre, ces deux réfractions ne se produiraient pas et la netteté de l'image serait naturellement bien plus grande.

La chose n'étant pas possible, Amici eut l'idée d'interposer entre le verre mince et la lentille un corps transparent, ayant à peu près le même indice de réfraction que le verre : l'huile de pied de bœuf, l'essence d'anis, la glycérine ou même l'eau distillée.

Tel est le principe sur lequel est fondée la construction des *objectifs à immersion*, inventés par Amici en 1844, objectifs dans lesquels la lentille frontale plonge dans une goutte d'eau déposée à la surface du verre mince.

Cette interposition, qui supprime la grande déviation des rayons marginaux entrant dans l'air au sortir du verre mince, permet à un bien plus grand nombre d'entre eux de pénétrer dans la lentille, en même temps que les rayons centraux sont bien moins affaiblis.

Il faut remarquer, de plus, que la différence des indices de réfraction des divers milieux que traversent les rayons étant moins grande, l'image est transportée plus loin et la distance focale agrandie.

Un objectif à immersion a donc une *distance frontale* plus grande qu'un objectif à sec de même grossissement.

Les réflexions qui se produisent dans l'air à la surface de la lentille sont moins considérables dans l'eau, et la quantité de lumière admise dans l'objectif est encore plus grande de ce chef.

On voit donc que les objectifs à immersion constituent une invention des plus heureuses. Ce n'est guère qu'en 1852 qu'Amici la compléta ; dès 1853, M. Nachet construisit des objectifs à immersion et, après lui, M. Hartnack qui les répandit bientôt en Allemagne.

Objectifs à immersion et à correction.

Le système de la correction dont nous avons parlé remédie à l'aberration causée par l'épaisseur de la lamelle mince qui couvre l'objet, celui de l'immersion supprime celle que produirait la couche d'air interposée entre la lamelle et la lentille, ou plutôt la remplace par l'aberration bien moindre que produit une couche d'eau ; mais on comprend que si on allie le procédé de la correction à celui de l'immersion, on réalise un double perfectionnement qui fait des objectifs à immersion et à correction les organes les plus parfaits dont la science ait armé le microscope.

On emploie ces objectifs comme les objectifs à correction ordinaire, sauf l'interposition d'une goutte d'eau entre la lentille frontale et le couvre-objet. On se sert d'eau distillée parce qu'elle est plus limpide, ne contenant aucun corps en dissolution ni en suspension, et n'attaque pas les montures.

Objectifs à quatre lentilles.

M. Prazmowski construit depuis quelques années des objectifs à quatre lentilles. Cette combinaison a été souvent mal comprise et nous l'avons entendu expliquer de diverses manières aussi inexactes les unes que les autres.

Les raisons qui ont décidé M. Prazmowski à ajouter une quatrième lentille à certains objectifs, malgré les grandes difficultés matérielles qu'entraîne la parfaite exécution de ce travail, sont les suivantes.

Dans les systèmes de lentilles à grande ouverture et d'un grossissement déjà considérable, car M. Prazmowski n'applique cette combinaison qu'à ces objectifs (ceux qui dans son catalogue portent les numéros 5, 7, 8 et 9) ; — dans ces systèmes d'objectifs, disons-nous, les rayons émanés de l'objet placé au foyer, après avoir frappé en divergeant la lentille frontale, en sortent rapprochés, il est vrai, mais divergeant encore. Ils sont donc divergents en frappant la seconde lentille qui les rapproche une seconde fois, mais dont ils sortent encore divergents. Ce n'est que la troisième et dernière

lentille qui, brusquement, rassemble les rayons pour les rendre convergents et les envoyer former leur foyer devant le verre de l'œil.

C'est précisément pour compléter l'effet de cette troisième lentille que M. Prazmowski en ajoute une quatrième, ou plutôt, c'est pour répartir sur deux lentilles l'effet produit par la troisième seule dans les systèmes ordinaires.

Cette combinaison permet, en effet, d'utiliser pour la formation de l'image un cône de rayons lumineux beaucoup plus large et d'admettre une zone marginale beaucoup plus étendue, zone dont dépend en grande partie la finesse de l'image. Il en résulte que les rayons extrêmes qui traversent tout le système de l'objectif forment à leur point de concours, au foyer de l'œil, un angle plus ouvert avec l'axe optique du microscope que dans le cas où leur convergence résulte de la seule action de la troisième lentille (fig. 12).

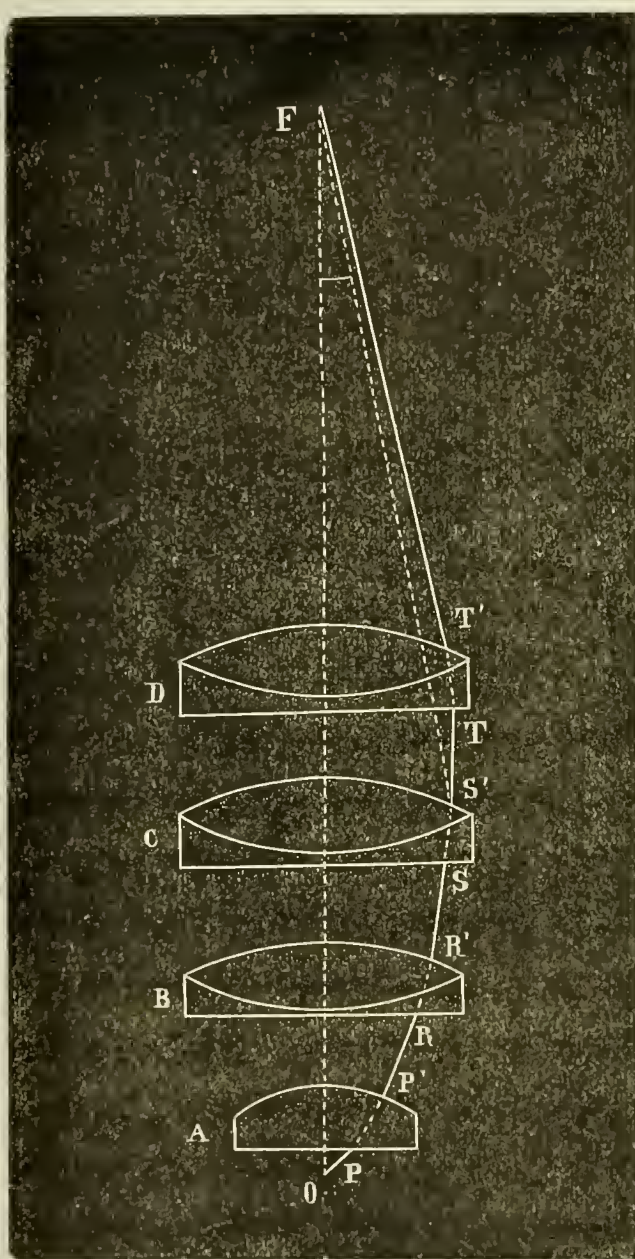


Fig. 12. — Marche des rayons lumineux dans les objectifs à quatre lentilles.

Or, lorsque l'objectif n'admet pour la formation de l'image que les rayons passant par une zone étroite autour du centre, que les rayons extrêmes forment, par conséquent, avec l'axe un angle très-aigu, il se produit des effets de diffraction d'autant plus sensibles que cet angle est plus aigu, effets semblables à ceux qui se produisent quand un pinceau de lumière passe par un orifice étroit. Par exemple, l'image d'un point se produit au foyer sous forme d'un point entouré d'une série d'anneaux concentriques. Cette image n'est donc pas nette. Mais plus

l'angle formé par les rayons extrêmes avec l'axe est ouvert, c'est-à-dire plus la zone marginale des rayons admis est étendue autour du centre, plus les anneaux formés au foyer se resserrent pour concourir de plus en plus en un point unique, plus par conséquent l'image est nette.

Il faut admettre, bien entendu, que les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité sont aussi bien corrigées que possible.

Ainsi, supposons un objectif composé d'une lentille frontale A (fig. 12) et de deux autres lentilles B et C, achromatiques d'ailleurs, et suivons la marche d'un rayon extrême OP émané de l'objet O, et faisant avec l'axe OF un angle POF suffisamment grand (nous avons admis en effet qu'il s'agit d'un objectif dit à *grande ouverture*).

Ce rayon, entrant dans la lentille frontale en P, en sort en P′, rapproché de l'axe. Puis il traverse la lentille B et sort en R′ plus rapproché de l'axe, mais encore divergent avec lui. Ce n'est qu'après avoir traversé la troisième lentille C, qu'il sort en S′ pour aller couper l'axe au foyer F. En ce point, il forme avec l'axe optique OF un angle S′FO assez aigu.

Mais supposons maintenant que cette troisième lentille, au lieu d'avoir une courbure telle qu'elle réfracte directement en S′F le rayon émergent, soit taillée au contraire de manière à le réfracter beaucoup moins, par exemple en S′T, presque parallèlement à l'axe et même encore un peu divergent. Supposons encore qu'une quatrième lentille D soit alors interposée sur le passage de ce rayon de manière à le réfracter finalement en T′F, on voit que ce rayon, parti du point O suivant OP, arrive maintenant au foyer en formant avec l'axe un angle T′FO plus grand que l'angle S′FO qu'il faisait précédemment lorsqu'il n'avait à traverser que trois lentilles. C'est précisément de l'agrandissement de cet angle, ainsi que de la diminution des angles d'incidence des rayons sur la dernière lentille, et, par conséquent, de la diminution corrélative de leur angle d'émergence, que dépend l'annulation plus grande des effets de la diffraction.

On remarquera que si les effets de la diffraction sont annulés, autant qu'il est pratiquement possible, par cette combinaison, la

lumière doit traverser une lentille de plus et y subir une certaine absorption ; elle rencontre trois surfaces de plus (les faces antérieure et postérieure de cette lentille et la surface de séparation du crown et du flint, unis par le baume du Canada, qui la composent), surfaces sur lesquelles elle éprouve une certaine dispersion. Il pouvait donc se faire que l'avantage provenant de l'absence de diffraction fût compensé ou même surpassé par l'inconvénient provenant de la diminution dans l'intensité lumineuse de l'image.

Aussi fallait-il l'excessive habileté du constructeur pour tirer un bon parti de cette ingénieuse combinaison, et M. Prazmowski a remarquablement triomphé de toutes les difficultés de l'exécution. Ses objectifs nouveaux à quatre lentilles ne donnent pas sensiblement moins de lumière que les systèmes correspondants à trois lentilles ; mais, en revanche, ils fournissent, avec un champ absolument plan, une image calme, harmonieuse, si l'on peut ainsi dire, et d'une admirable netteté. Ajoutons même qu'en raison de l'étendue de la zone marginale admise dans l'objectif, ils permettent d'observer dans la lumière centrale des détails qui ne sont ordinairement perceptibles, même avec les meilleurs objectifs, que dans la lumière oblique. C'est ainsi qu'avec un objectif à quatre lentilles n° 9 de M. Prazmowski nous avons pu apercevoir les stries longitudinales, sinueuses, du *Surirella gemma*, stries si fines et si délicates qu'elles ne sont jamais perceptibles qu'avec les objectifs les plus parfaits aidés de divers artifices d'éclairage, la lumière oblique et, souvent même, les rayons solaires réfléchis à travers une solution de sulfate de cuivre ammoniacal placée dans une cuve à faces parallèles (1).

Néanmoins, M. Prazmowski ne considère ce beau résultat que comme un acheminement vers la solution ou plutôt comme l'une des solutions du problème : augmenter la zone marginale et agrandir l'angle des rayons extrêmes avec l'axe optique. Il admet qu'on puisse arriver au même résultat en n'employant que trois lentilles. Mais nous avons tenu à constater ici les excellents effets de cette

(1) Les objectifs n° 9 à 3 lentilles de M. Prazmowski laissent entrevoir les stries sinueuses du *Surirella*, mais seulement dans la lumière oblique.

combinaison, parce que nous en avons fait l'épreuve, que nous l'avons parfois entendu critiquer, à notre avis, légèrement, et parce que nous croyons que jusqu'ici elle a toujours été mal comprise.

Des qualités de l'objectif.

Nous avons dit que dans un objectif d'un pouvoir grossissant donné, il fallait rechercher un angle d'ouverture suffisamment grand et une distance frontale aussi longue que possible (1). Ce sont là, pour ainsi dire, des qualités matérielles et physiques des objectifs, mais on doit leur demander plus, c'est-à-dire ce que nous pourrions qualifier de qualités morales.

Ces qualités sont ce que Goring (2) a appellé le *pouvoir définissant* et le *pouvoir pénétrant*, auxquels il faut ajouter, avec Carpenter, le *pouvoir résolvant.*

1° *Pouvoir définissant.* — Le pouvoir définissant est la propriété qu'ont certains objectifs, plus que d'autres, de bien *définir* les contours de l'image par des traits nets et fins, et non épais, troubles ou incertains.

Cette propriété dépend de la manière plus ou moins parfaite dont on a corrigé les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité.

Le pouvoir définissant doit appartenir à tout objectif, c'est la première de ses qualités.

2° Le *pouvoir pénétrant* est la propriété qu'a l'objectif de laisser apercevoir plus ou moins facilement l'image des objets qui ne sont pas absolument situés au foyer, de donner, par conséquent, à ce foyer une certaine *profondeur* focale, dans laquelle l'œil peut pénétrer.

Les objectifs très-pénétrants sont surtout utiles dans les études

(1) A ces conditions il faudrait encore joindre celle concernant la disposition parfaitement plane du champ. En raison même de la marche des rayons dans les lentilles, le champ du microscope paraît toujours un peu convexe. Cette déformation, très-sensible dans les loupes biconvexes, a été corrigée par les opticiens, dans la construction des objectifs de microscopes, assez parfaitement pour qu'elle soit le plus souvent insensible. Néanmoins, comme elle subsiste toujours plus ou moins, quoique l'observateur ne la perçoive pas, lorsqu'on veut se rendre bien compte de la forme d'un objet microscopique, on doit toujours, autant que possible, l'observer au centre du champ.

(2) *Microscopic. cabinet.* Londres, 1835.

anatomiques, où l'on a à plonger dans l'épaisseur plus ou moins grande d'un tissu ; ils donnent, ainsi qu'il est facile de le comprendre, des images à contours un peu plus pâles et un peu moins accusés que les objectifs qui n'ont qu'un grand pouvoir de définition. Il faut rechercher ceux qui, à la propriété de donner des images très-nettes et très-bien définies, joignent une pénétration suffisante.

Le pouvoir pénétrant est en raison inverse de l'angle d'ouverture de l'objectif. Plus cet angle est ouvert, plus la profondeur focale diminue et se rapproche du plan mathématique. Les rayons centraux, subissant une faible réfraction, sont peu déviés, et ceux qui proviennent de deux points voisins, situés l'un au-dessus de l'autre, entrent dans la lentille suivant des directions peu différentes ; leurs foyers propres peuvent être assez voisins pour se juxtaposer dans une même épaisseur focale, sans qu'il soit besoin d'un ajustement spécial pour les percevoir. Or, les objectifs à angle d'ouverture modéré admettent surtout les rayons centraux. Les objectifs à angle très-ouvert admettent, au contraire, une large zone marginale dans laquelle les rayons émanant de points voisins sont très-déviés et forment des foyers relativement éloignés, de sorte que, pour percevoir ces différents points, il faut, à l'aide de la vis micrométrique, mettre successivement au foyer de l'objectif les différents plans qu'ils occupent (1).

Pour les recherches scientifiques, particulièrement, nous l'avons dit, pour les études d'anatomie, botanique ou animale, il est très-important de pouvoir obtenir une vue d'ensemble de l'objet, organe ou tissu, qu'on examine, quitte à étudier ensuite, d'une manière plus précise, chacune des couches qui le composent, en les mettant successivement au point. Les objectifs d'une grande pénétration sont donc les plus recherchés pour ces sortes d'études, en admettant, bien entendu, qu'ils conservent une bonne définition.

C'est ce qui nous a fait dire plus haut que l'angle d'ouverture doit être grand, mais cependant ne saurait être exagéré sans nuire

(1) Au point de vue purement théorique un objectif pénétrant est, en réalité, un objectif défectueux, car il ne donne pas de foyer mathématiquement défini.

d'une manière sensible à l'utilité *pratique* de l'objectif, en réduisant à la fois sa pénétration et sa distance frontale.

3° *Pouvoir résolvant.* — Le pouvoir résolvant, séparateur ou analytique, est la qualité qu'ont certains objectifs de donner avec netteté l'image de fins détails, stries, dépressions, saillies, placés à la surface des objets microscopiques, détails ayant le même indice de réfraction que la surface elle-même, et qui ne deviennent visibles que par les rayons obliques. Aussi, le pouvoir résolvant est-il en raison directe de l'angle d'ouverture.

On conçoit que cette qualité a une valeur certaine, lorsqu'il s'agit de déterminer la nature des fines sculptures qui ornent la carapace des Diatomées ou autres corpuscules très-transparents, d'une épaisseur excessivement petite.

Néanmoins, elle diminue souvent, ou annule même le pouvoir définissant et le pouvoir pénétrant dont l'importance est de premier ordre, et peut exister à un haut degré sur des objectifs très-défectueux, non-seulement au point de vue des qualités essentielles dont nous avons parlé, mais même sous le rapport de la construction.

C'est cependant en vue d'obtenir un grand pouvoir séparateur qu'on a augmenté, quelquefois outre mesure, l'angle d'ouverture, afin de construire des objectifs qui permettent de *résoudre*, comme on dit, les stries des Diatomées dont on a fait des critériums pour juger de la qualité des objectifs.

Les Diatomées, ainsi que nous le verrons plus tard, sont des Algues microscopiques, dont les *frustules* sont sculptées de lignes ou de points excessivement fins. On croit généralement aujourd'hui qu'un objectif qui fait voir distinctement les stries ou les points de certaines Diatomées choisies comme pièces d'épreuve ou *test-objets* (en anglais *test-objects*), est un objectif de bonne qualité et que, s'il permet de distinguer les stries des test-objets les plus dificiles à résoudre, il est de la meilleure qualité possible.

C'est une erreur. La résolution des stries des Diatomées ou autres tests, comme les plumules des ailes de certains Papillons, ne prouve que le développement du pouvoir séparateur de l'objectif, mais nullement sa valeur générale. La vérité est dans le juste mi-

lieu : un bon objectif doit d'abord très-bien définir, c'est-à-dire que ses aberrations de sphéricité et de réfrangibilité doivent être bien corrigées; il doit ensuite avoir un grand pouvoir définissant et une pénétration suffisante, c'est-à-dire un angle d'ouverture suffisamment grand, mais non exagéré. Dans tous les cas, on ne doit jamais sacrifier la définition et la pénétration au pouvoir résolvant dans un objectif qui doit servir aux études pratiques, et non à la seule résolution de quelques *test-objets*.

Test-objets. — Nous pensons que les test-objets ont été employés d'abord par Le Baillif (1823), qui se servait des écailles de divers Papillons et de divisions micrométriques pour reconnaître la qualité des objectifs. En cela, il avait raison ; il faut évidemment que le microscope permette d'analyser les fins détails des objets microscopiques ; ce que nous croyons dépasser les limites de l'utile, c'est l'emploi exclusif de ces tests, de plus en plus délicats, dont la résolution nécessite la construction d'objectifs qui ne peuvent bientôt servir qu'à cet usage et dont on veut à tort faire les parangons des objectifs.

Le docteur Goring a beaucoup étudié les test-objets, et en a signalé plusieurs dont la résolution exige de la part de l'objectif de la pénétration et de la définition ; comme il en est très-souvent question dans les ouvrages de micrographie, et que, d'ailleurs, leur emploi peut rendre des services, nous allons les indiquer rapidement.

Les écailles de la *Forbicine* (*Lepisma saccharina*, L.), du *Petrobius maritimus;* les écailles et les plumules des Papillons, *Morpho Menelaüs*, *Alucita pentadactyla*, *Alucita hexadactyla*, *Lycœne Argus*, *Tinea vestianella*, *Pieris brassicœ*, *Pieris rapœ*, *Zigœna Alexis*, *Hipparchia* ou *Satyrus Janira*, les écailles du *Podura plumbea*.

Puis viennent les Diatomées : *Pleurosigma quadratum*, *balticum*, *attenuatum*, et surtout *angulatum* (W. Sm.) ; *Navicula Spincerii*, *veneta* (Kütz.) ; *Grammatophora marina*, *subtilissima ; Striatella* ou *Achnantes unipunctata*, *Nitzschia sigmoïdea*, *Surirella Gemma*, *Frustulia saxonica*, *Amphipleura pellucida,* etc., etc.

Les écailles du *Lepisma saccharina* (*Forbicine*, *Poisson d'argent*, insecte Thysanoure) présentent deux ordres de stries, les unes lon-

gitudinales, les autres obliques aux premières. Certaines écailles sont à peu près rondes, les autres plus grandes et plus allongées. On les distingue très-bien avec l'objectif n° 2 de Nachet (1), et encore mieux avec l'objectif n° 3, à la lumière centrale.

La *Piéride du chou* (*Pieris brassicæ*) donne un test difficile (Ch. Chevalier, Harting, V. Mohl). Ses écailles ont aussi des stries longitudinales et d'autres transversales. Objectif n° 3, N., lumière centrale et oblique.

La *petite Piéride du chou* (*Pieris rapæ*), mâle, a des écailles qui donnent un test analogue, très-bon pour la lumière centrale. Objectif n° 3, N.

L'*Hipparchia Janira* est encore souvent employée. Les écailles de la femelle offrent des lignes longitudinales et des lignes transversales ; ces dernières sont espacées de $\frac{1}{1200}$ de millimètre (Amici, V. Mohl, Schacht). On doit voir les lignes bien nettes dans la lumière centrale, avec les forts objectifs; dans la lumière oblique, avec les objectifs moyens. Mohl ne put les voir qu'avec les instruments d'Amici, de Plœssl et d'Oberhäuser. On les distingue très-bien avec l'objectif n° 3 Nachet, dans la lumière oblique et même dans la lumière centrale, sous forme de petites côtes longitudinales, striées de lignes transversales très-fines et très-serrées.

Les écailles du *Podure plombé* donnent aussi un bon test, très-employé en Angleterre pour essayer les objectifs dans la lumière centrale. Ces écailles portent des espèces de virgules ou de larmes, terminées par une pointe effilée qu'il faut distinguer nettement, ainsi qu'une ligne médiane blanche produite par la réfraction de la lumière à travers l'écaille et qu'un objectif mal construit ne fera jamais bien voir. (Voir IVe partie, ch. IX.)

Quant aux Diatomées, nous renverrons pour leur étude au chapitre qui concerne ces charmantes Algues, dont les carapaces sont des merveilles de délicatesse, et nous nous bornerons à signaler comme les plus employées :

(1) Nous supposons toujours dans ces indications l'emploi de l'oculaire n° 3 Nachet. Au lieu de désigner le grossissement nécessaire à la résolution de tel ou tel test, nous nous indiquons souvent le numéro de l'objectif et le nom du constructeur. Ce renseignement, en effet, est précis, tandis que l'indication du grossissement est une donnée trop variable pour être utile aux commençants.

Le *Pleurosigma angulatum*, frustule en forme de S allongé qui offre des stries longitudinales, transversales, et d'autres obliques à celles-ci, semblant former à leur intersection de petits hexagones. Nous verrons que ces hexagones sont en réalité des points ronds (Alf. Nachet). C'est un des meilleurs tests pour les objectifs moyens dans la lumière oblique ou pour les objectifs puissants avec la lumière centrale.

Avec l'objectif n° 3 Nachet, on distingue les stries qui s'entre-croisent (lumière oblique). L'objectif n° 5 montre l'intersection des lignes formant des points brillants ayant l'aspect d'hexagones. L'objectif 7 à immersion résout nettement les stries entre-croisées en séries de points ronds disposés régulièrement, dont les intervalles produisent l'apparence des stries. Il faut encore employer la lumière oblique, mais on peut distinguer les stries à la lumière centrale avec le n° 5.

Le *Nitzschia sigmoïdea* montre sur les bords de ses fines carapaces des stries transversales très-faciles à apercevoir dans la lumière oblique.

Le *Surirella Gemma* est un test très-difficile, et qu'on ne peut résoudre entièrement qu'avec les objectifs les plus puissants à immersion et correction, quand on sait bien disposer l'éclairage, qui doit être très-oblique.

Cette Diatomée a une forme ovale-allongée, partagée dans sa longueur par une ligne médiane ; chacune des moitiés de la carapace est ensuite divisée par des lignes transversales, dont les unes, très-espacées, se voient sous les grossissements les plus faibles, mais dont les autres, très-serrées, ne s'aperçoivent qu'avec les objectifs très-forts, et en tournant la préparation de manière à ce que ces lignes soient perpendiculaires à la direction des rayons lumineux.

Mais avec les objectifs à immersion bien corrigés, on voit que les espaces compris entre le premier système de lignes transversales sont striés dans le sens de la longueur de la carapace par des lignes ondulées, très-fines, qu'on peut observer en faisant tourner la platine de manière à rendre ces lignes perpendiculaires aux rayons lumineux qui éclairent la préparation. Il faut employer

des objectifs très-puissants (n° 8 Nachet, 10 Hartn. et Prazm., 1/10e de p. Beck, 1/8e ou 1/12e Powell, 1/16e Zeiss) avec une lumière très-oblique ou les condensateurs dont nous parlerons plus tard. Avec les grossissements les plus considérables qui aient été réalisés, on parvient à reconnaître que ces stries onduleuses paraissent formées de points disposés par séries parallèles en zigzags.

Les *Navicula affinis*, *Amphipleura pellucida* sont encore plus difficiles à résoudre et montrent, la première, des lignes longitudinales faciles à distinguer, et des lignes transversales d'une très-grande difficulté ; la seconde, des lignes transversales sur les bords, que bien peu de micrographes ont été à même de reconnaître.

Il en est de même des lignes longitudinales du *Navicula Amicii*, et des stries longitudinales et transversales du *Grammatophora subtilissima*. (Voir IIIe partie, ch. xv.)

Nobert, habile opticien de Poméranie, a remplacé autrefois les test-objets par des divisions micrométriques d'une finesse inouïe, et qu'il obtenait par un procédé qui est resté secret. Ce test de Nobert était formé d'une plaque de verre sur laquelle étaient tracés des groupes de lignes parallèles, groupes qui furent portés jusqu'au nombre de 30. L'écartement des lignes allait en diminuant de groupe en groupe, jusqu'à atteindre une finesse inouïe ; ainsi, l'écartement des lignes était :

Dans le 1er groupe de......		0,001000	de ligne.
5e	—	0,000550	—
10e	—	0,000275	—
15e	—	0,000200	—
20e	—	0,000167	—
25e	—	0,000143	—
30e	—	0,000125	—

L'espace d'un millimètre dans le premier groupe contenait 443 divisions ; dans le 15e, 2,215, et dans le 30e, 3,544. Mais, malgré la perfection de ces merveilles de la mécanique, elles sont, en raison de la nature du verre et des conditions matérielles de l'exécution, diffilement identiques et restent, en somme, moins faciles et moins sûres à employer que les Diatomées (1).

(1) Toutes les préparations de Diatomées et autres test-objets se trouvent à Paris chez M. J. Bourgogne, rue Monge, n. 57.

Du reste, ces tests infiniment subtils ne peuvent que caractériser le pouvoir résolvant d'objectifs spéciaux et placés en dehors des conditions de la pratique. Un objectif moyen qui définit et pénètre très-bien, s'il montre nettement les points du *Pleurosigma angulatum* dans la lumière centrale, peut être considéré comme un bon instrument, et nous sommes d'avis que, dans les conditions ordinaires, il n'est pas utile d'en exiger davantage.

CHAPITRE V

APPAREIL BINOCULAIRE

Tout le monde connaît aujourd'hui les curieux effets du stéréoscope, inventé en 1833 par Wheatstone, perfectionné par Brewster et popularisé par MM. Soleil et Dubosc, en 1850.

Ce sont ces effets que M. Nachet a réalisés sur le microscope en lui appliquant un appareil binoculaire. Il a construit ainsi un instrument des plus précieux et dont les images, surtout sous un grossissement modéré, retrouvent leur relief naturel, leur profondeur, et revêtent un aspect saisissant. Le microscope binoculaire est, à notre avis, un des plus curieux et des plus utiles progrès qu'a faits l'art de la construction des instruments d'optique.

On sait que, quand on regarde un corps peu éloigné successivement avec chacun des deux yeux, on l'aperçoit sous deux aspects différents. Les positions des lignes ne sont pas les mêmes relativement les unes aux autres, et l'on voit avec l'œil droit une plus grande étendue de la partie droite de l'objet qu'avec l'œil gauche, lequel perçoit au contraire une plus grande étendue de la partie gauche, les deux yeux n'étant pas placés de la même manière par rapport au corps considéré. On s'en assure facilement par expérience. Quand on regarde avec les deux yeux, les deux images se superposent, mais ne sont pas identiques. On y distingue trois parties : la première, vue en même temps par les deux yeux dont les perceptions se confondent ; les deux autres, vues avec un seul œil, s'ajoutent de part et d'autre de la partie commune. De la combinai-

son de ces diverses images résulte le sentiment des trois dimensions et du relief des corps.

C'est en construisant ses microscopes à deux corps, en 1852, que Nachet conçut l'idée de les appliquer à la vision binoculaire ou plutôt de les modifier (destinés qu'ils sont à permettre à deux personnes d'observer à la fois), de manière à ce qu'ils puissent servir à une seule personne regardant avec les deux yeux (1). Pendant ce temps, le docteur Ridell employait au même objet les deux images que l'on obtient en plaçant un prisme au-dessus de l'objectif; mais ce fut M. Nachet qui fabriqua le premier, en 1853, les appareils binoculaires permettant d'obtenir avec le microscope des images stéréoscopiques, ceux du docteur Ridell et, plus tard, de Wenham ne donnant alors que des images pseudoscopiques.

En effet, dans cet intervalle, M. Alfred Nachet avait démontré que les appareils binoculaires dans lesquels les images ne sont pas croisées produisent non des effets stéréoscopiques, mais pseudoscopiques, c'est-à-dire que les reliefs sont représentés par des creux et réciproquement, ce qui change complétement l'aspect des objets.

Il est assez curieux que cette proposition fut d'abord niée par plusieurs physiciens, et cependant elle devait paraître vraie *a priori* quand on pense que le prisme, réfléchissant l'image sur chacune de ses deux faces latérales, en donne des images séparées, l'une vue à droite, l'autre à gauche, mais *symétriques* de celle qu'elles réfléchissent et portant les ombres du côté opposé, ce qui fait paraître creux les détails saillants et *vice versâ*. On voit de même que dans les stéréoscopes par réflexion, comme celui de Wheatstone, ou par réfraction combinée avec la réflexion dans des prismes, comme un des modèles de M. Dubosc, la réflexion produisant des images *symétriques*, il faut placer du côté droit l'image de l'objet vu avec l'œil gauche et, du côté gauche, l'image de l'objet vu avec l'œil droit.

C'est pourquoi M. Nachet adopta d'abord, pour obtenir le résultat voulu, l'emploi d'un prisme équilatéral placé au-dessus de l'objec-

(1) Brevet d'invention pris à Paris, le 25 octobre 1853.

tif, A (fig. 13). Rien que par l'inspection de la figure on voit que l'image de l'objet vu à travers l'objectif par la face gauche A du

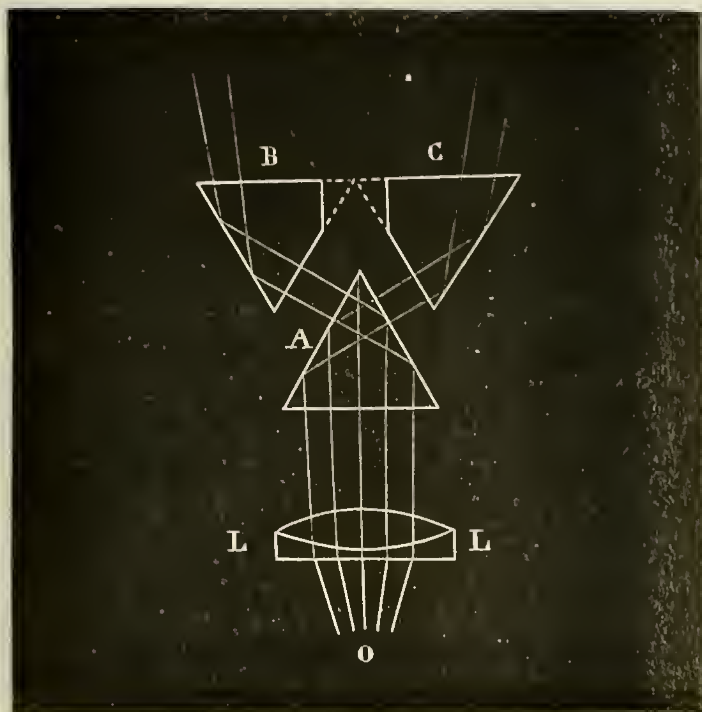


Fig. 13. — Système binoculaire avec un prisme équilatéral séparateur.

prisme, si l'on peut s'exprimer ainsi, est renvoyée à droite, où un second prisme C la réfléchit vers l'œil droit de l'observateur, tandis que l'image vue par la face droite du prisme A est réfléchie sur la gauche vers un troisième prisme B qui l'envoie vers l'œil gauche de l'observateur, ce qui remplit les conditions physiques du problème.

Mais il y avait une difficulté : il fallait pouvoir adapter les deux tubes porte-oculaires à l'écartement des yeux de chaque observateur, ce qui ne pouvait se faire, dans ce système, qu'en allongeant ou en raccourcissant ces tubes par un tirage, et le grossissement était sans cesse modifié. M. Nachet avait résolu ce nouveau problème en faisant mouvoir les deux tubes et les deux prismes B et C, à l'aide de deux vis à pas contraire réunies par un mouvement Cardan, mais il ne tarda pas à remplacer ce système par celui que nous allons décrire rapidement et que Wenham, à Londres, avait essayé sans pouvoir arriver encore à des résultats satisfaisants.

Renonçant au prisme séparateur équilatéral qui exigeait l'emploi des deux prismes latéraux pour croiser les images rendues symétriques par leur réflexion sur les faces du premier, M. Nachet

adapta au-dessus de l'objectif un prisme ACB (fig. 14) qui partage le champ en deux parties égales (1) : par la première, les rayons lumineux émanés du point O de l'objet, après avoir traversé l'objectif LN sont réfractés et dirigés directement en OE, par un tube porte-oculaire droit et fixe, vers l'un des yeux de l'observateur. Les rayons émanés dans l'autre partie, comme OF, rencontrant le prisme ACB, s'y réfléchissent suivant CP, dans l'intérieur d'une pièce ou boîte latérale ajoutée sur le tube porte-oculaire. Au fond de cette boîte, est un second prisme P sur lequel les rayons se réfléchissent une seconde fois en PD, dans un autre tube porte-oculaire mobile, adapté à l'extrémité de la boîte latérale, et qui porte l'image de O à l'autre œil de l'observateur.

On voit que dans cet appareil les images ne sont pas croisées et que l'œil droit de l'observateur, placé en D, y reçoit l'image du côté droit du point O comme s'il le regardait librement en H, et l'œil

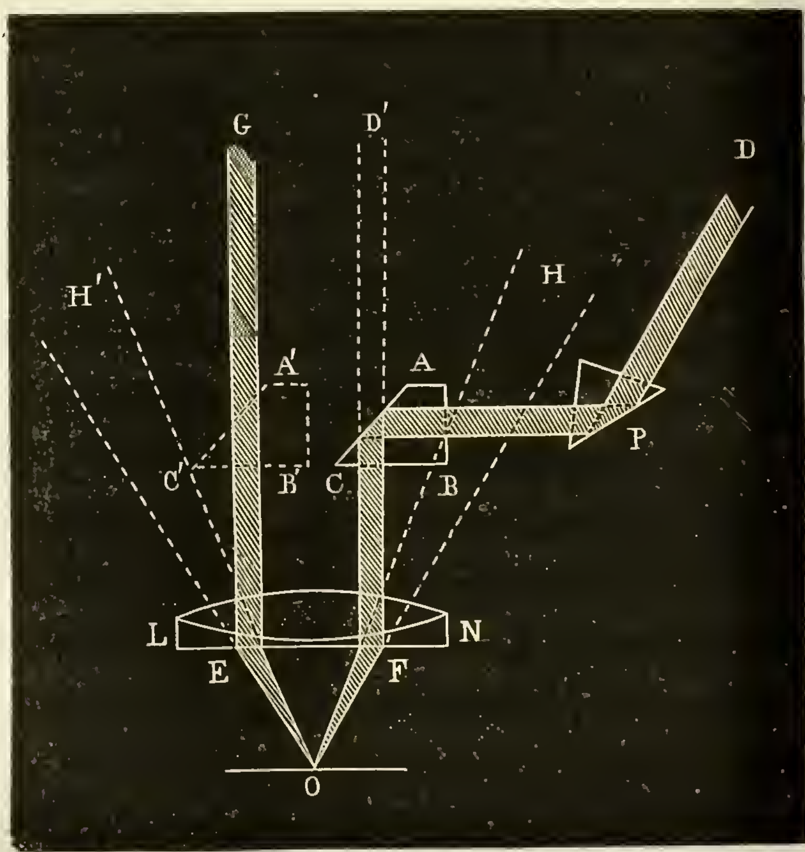


Fig. 14. — Système binoculaire stéréoscopique et pseudoscopique Nachet.

gauche, placé en G, voit l'image du côté gauche de O comme s'il le regardait librement en H'. Mais c'est qu'ici les images sont di-

(1) L'idée de cette disposition du prisme est due à Wenham.

rectes et non plus symétriques, et par conséquent n'ont plus besoin d'être interverties. L'œil en G reçoit l'image directement et l'œil en D la reçoit après deux réflexions, l'une sur le prisme ACB qui donne une image symétrique, et l'autre sur le prisme P qui donne une image symétrique de l'image symétrique de l'objet, c'est-à-dire une image rétablie comme elle eût été si l'œil l'eût perçue sans l'interposition des prismes réflecteurs.

Les deux yeux appliqués en G et en D percevront donc une image stéréoscopique, comme s'ils eussent considéré l'objet librement, mais avec le grossissement en plus.

Mais pour que cette vision soit normale, il faut que les rayons EG, PD arrivent aux yeux sous le même angle que si l'objet était considéré sans l'interposition d'aucun appareil, c'est-à-dire suivant l'angle HOH'. Autrement dit, il faut, puisque le tube EG est fixe, que le tube PD soit mobile et puisse tourner autour du point P en s'écartant ou s'éloignant du tube EG suivant l'écartement des yeux de l'observateur.

Rien n'était plus facile que de rendre ce tube mobile, mais il fallait que les rayons lumineux continuassent à se réfléchir suivant son axe; il fallait, par conséquent, que le prisme pût éprouver un mouvement de bascule de manière à ce que sa face réfléchissante envoyât toujours les rayons dans l'axe du tube.

Mais on sait que, quand un rayon se réfléchit sur un miroir plan de manière à faire un angle d'incidence donné, si le miroir vient à éprouver autour du point d'incidence un mouvement qui lui fasse faire un angle de 1° avec sa position première, le rayon réfléchi fait un angle de 2° avec le premier; qu'en un mot, le rayon réfléchi parcourt un angle double de celui que fait le miroir.

Il fallait donc, dans la construction dont nous parlons, que le prisme n'exécutât que des mouvements angulaires moitié moindres que ceux qu'on faisait éprouver au tube. Cette condition remplie, les rayons se réfléchissaient toujours dans l'axe du tube, quelque écartement ou quelque rapprochement du tube fixe que subit le tube mobile, pour que l'un et l'autre s'adaptassent aux yeux de l'observateur.

Cette condition, M. Nachet la remplit d'une manière excessivement ingénieuse dont nous allons indiquer le principe.

5

Le tube mobile peut être écarté ou éloigné du tube fixe à l'aide d'une vis de rappel V (fig. 15). Mais cette vis a, dans sa longueur, deux pas dont le premier est deux fois plus grand que l'autre, de sorte que si l'on place un écrou C dans sa partie antérieure, sur le pas double, et un autre à sa partie postérieure, sur le pas simple, comme celui qui termine la pièce A, en faisant tourner la vis d'une quantité quelconque, le premier écrou fera sur elle deux fois plus de

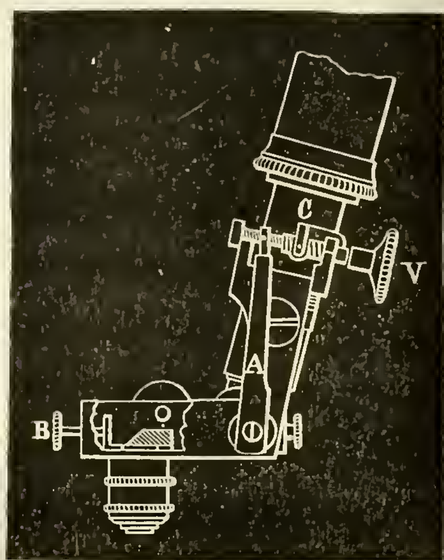


Fig. 15. — Vis de rappel de l'appareil binoculaire Nachet.

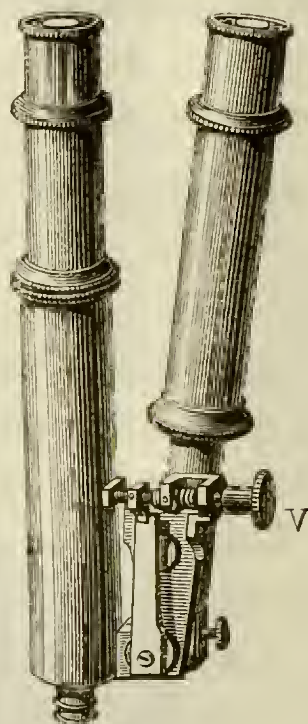


Fig. 16. — Appareil binoculaire de Nachet.

chemin que le second. Si donc le premier écrou commande le tube et le second la pièce A qui commande elle-même le prisme P, le tube décrira toujours un angle double de celui que décrira le prisme autour du même centre; et l'adaptation se fera ainsi automatiquement d'une manière absolument précise.

On voit combien cette combinaison est ingénieuse, mais ce n'est pas tout encore, l'appareil binoculaire de M. Nachet, qui donne les effets stéréoscopiques de la manière la plus saisissante, nous l'avons dit, peut donner aussi des images pseudoscopiques qui font apparaître les objets sous les aspects les plus curieux et les plus étranges.

Pour cela, il suffit d'un simple mouvement de vis qui fasse avancer le premier prisme réflecteur ACB dans la moitié du champ qui était libre, en A'C'B' (fig. 14), et laisse libre celle qu'il occupait.

De cette manière, c'est l'image gauche de O qui, au lieu d'arriver directement à l'œil gauche en EG, se réfléchira sur le prisme en C'P, puis en PD, pour parvenir à l'œil droit de l'observateur, tandis que l'image droite se transmettra directement à l'œil gauche suivant ED'.

Telle est, en quelques mots, la théorie de l'appareil binoculaire de Nachet, l'un des instruments les plus curieux, des plus ingénieux, et, à notre avis, l'un des plus utiles qui aient été adaptés au microscope. Nous avons cru devoir le décrire avec quelques détails précisément en raison de l'importance que nous lui reconnaissons. Nous admettons, en effet, qu'il n'est pas possible de se rendre un compte exact et certain de la forme réelle de beaucoup d'objets microscopiques, si on ne la connaît pas d'avance, sans l'avoir examinée avec l'appareil binoculaire ; et si on la connaît, aucune description théorique, quelque bien faite qu'elle soit, ne peut en donner une explication aussi complète, aussi instantanée, pour ainsi dire, et aussi saisissante qu'un coup d'œil dans le microscope binoculaire.

En rendant aux objets les trois dimensions, l'aspect matériel sous lequel nous sommes habitués à percevoir les corps qui tombent sous nos yeux, le microscope binoculaire nous les *explique* immédiatement et, comme conséquence pratique, nous donne une sûreté de main à laquelle on est loin de s'attendre, lorsqu'il s'agit de les manipuler sous l'objectif.

Aussi, ne pouvons-nous concevoir que quelques micrographes, qui, sans doute, n'ont pas eu l'occasion de s'en servir, n'aient pas rendu une complète justice à cet instrument, et n'aient pas compris tous les services qu'il peut et doit rendre dans l'étude de l'histologie, par exemple, et d'ailleurs dans tous les genres de recherches microscopiques.

Les corps opaques, éclairés par-dessus et placés sur un fond noir, peuvent être étudiés de la manière la plus parfaite avec le microscope binoculaire, et l'on sait qu'on n'a pas toujours la même facilité avec les instruments monoculaires.

CHAPITRE VI

SÉRIES DES MODÈLES DE MICROSCOPES

Les opticiens ont construit des microscopes sur un grand nombre de formes que nous ne pouvons décrire ici ; nous devons nous borner, dans l'énumération que nous avons à faire des principaux modèles, à ceux auxquels on s'est arrêté dans ces dernières années et qui résument tous les progrès qu'a faits jusqu'à ce jour l'art si difficile de l'optique de précision.

C'est ainsi que les ressources nouvelles qu'ont fournies les procédés d'éclairage oblique ont fait renoncer aux anciens microscopes droits, dits *à tambour* ou *à niche*, dans lesquels les mouvements limités du miroir ne permettaient que l'emploi de la lumière centrale.

On a de même à peu près renoncé aux microscopes horizontaux comme en construisait Amici et après lui Ch. Chevalier dans son grand modèle dit *universel*. La plus employée de toutes les formes et la plus commode, est la forme verticale ou bien la forme dite *à inclinaison* dans laquelle le corps du microscope peut être maintenu dans toutes les positions entre la verticale et l'horizontale, mais où, dans tous les cas, la platine est libre par-dessous et permet l'éclairage sous toutes les incidences.

La forme aujourd'hui employée revient d'une manière générale à celle du microscope de Strauss, telle que la construisent depuis longtemps Ch. Chevalier, puis son fils le docteur Arthur Chevalier, et MM. Nachet père et fils, dont la maison est aujourd'hui représentée par M. A. Nachet, et qui ont fait faire à l'optique pratique les plus importants progrès ; MM. Hartnack et Prazmowski et la plupart des bons constructeurs ont aussi adopté cette forme.

Série Nachet. — Le microscope grand modèle de M. Nachet est un magnifique instrument (fig. 17) reposant sur deux colonnes fixées sur un pied lourd en fer à cheval. Ces deux colonnes supportent l'axe horizontal sur lequel tourne le corps du microscope pour prendre toutes les inclinaisons jusqu'à l'horizontale.

Le mouvement rapide peut se faire à la main, en faisant glisser le tube dans le canon, et par une crémaillère à double bouton, et le mouvement lent par deux vis micrométriques dont l'une agit sur la colonne qui porte le tube, et l'autre, très-délicate, appartenant particulièrement au tube porteur de l'objectif, ou *nez* de l'instrument, est disposée de manière à permettre à celui-ci de rentrer,

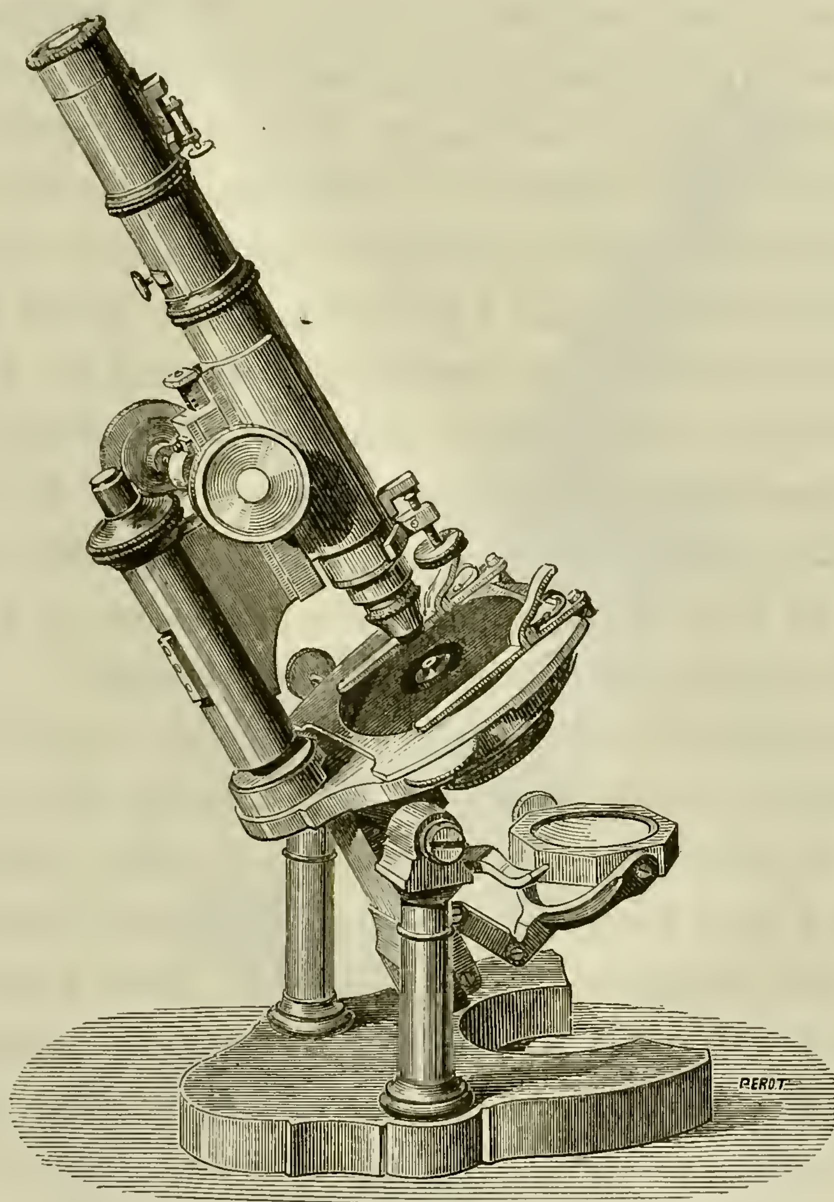


Fig. 17. — Microscope grand modèle de M. Nachet.

par élasticité, dans le tube, au cas où il viendrait à heurter contre la préparation.

Le tube est d'ailleurs à tirage et porte un appareil micrométrique qui permet d'introduire le micromètre oculaire dans tous les oculaires, sans déranger ceux-ci. Cet appareil permet encore de mettre la division au foyer de l'œil et de la porter dans tous les points du champ.

La platine est tournante et sa face supérieure porte une plaque

de glace noire pour résister à l'action des réactifs. Elle est munie d'une double platine mobile, avec pinces ou valets à ressorts, et vis de rappel permettant de faire mouvoir dans tous les sens la préparation sous l'objectif.

Sous la platine est un diaphragme à trous et à tube qu'on peut en éloigner et en rapprocher à l'aide d'un levier et de coulisses verticales, soit pour modifier l'éclairage, soit pour placer les condensateurs au foyer, avec la plus grande précision. Le miroir est plan d'un côté, concave de l'autre, et monté sur articulations de manière à pouvoir se diriger et se développer dans toutes les positions pour donner l'éclairage oblique sous toutes les incidences.

Mais un perfectionnement à peu près unique parmi tous les modèles de microscopes qu'on construit en France est l'appareil binoculaire qui peut s'adapter à la place du tube ordinaire.

Ce bel instrument est accompagné d'une série de 4 oculaires, sans compter l'appareil binoculaire, et de 8 objectifs dont 7 à sec, du n° 0 au n° 6 et un objectif n° 7 à immersion et à correction, donnant des grossissements de 30 à 1,400 diamètres.

Les accessoires se composent d'une chambre claire s'appliquant au microscope vertical, transportant l'image du crayon dans le champ et permettant de dessiner sur la table l'objet observé ; d'une loupe à long foyer, montée sur pied, pour éclairer les corps opaques ; d'un condensateur de Dujardin ; d'un goniomètre pour mesurer les angles des cristaux ; d'un appareil de polarisation avec lames sensibles de gypse ; d'un micromètre oculaire, et d'un micromètre objectif, sans compter les lames de verre, les lamelles et la collection des instruments de dissection, pinces fines, ciseaux, scalpels, etc. ; le tout renfermé dans une boîte d'acajou à coins de cuivre avec compartiments en gaînerie pour loger les différentes pièces.

Ce magnifique microscope, le plus complet qui se construise en France, est vendu 1,400 fr.

Le grand modèle complet, à binoculaire, de Nachet, peut être remplacé par un autre grand modèle ne différant du précédent que par l'absence de l'appareil binoculaire, de la platine mobile et de quelques accessoires. Il ne comporte que 3 oculaires et 6 objectifs

(nos 0, 1, 2, 3, 5 à sec, et 7 à immersion et correction) donnant les mêmes grossissements. Son prix n'est que de 680 fr., et il répond à toutes les exigences des études micrographiques, à quelque partie de la science qu'elles s'appliquent. Il est inutile d'ajouter qu'il est à platine tournante incrustée de glace, et à inclinaison (fig. 18).

Un modèle de même taille, mais *droit*, avec 5 objectifs, de 1 à 7, ne coûte que 550 fr.

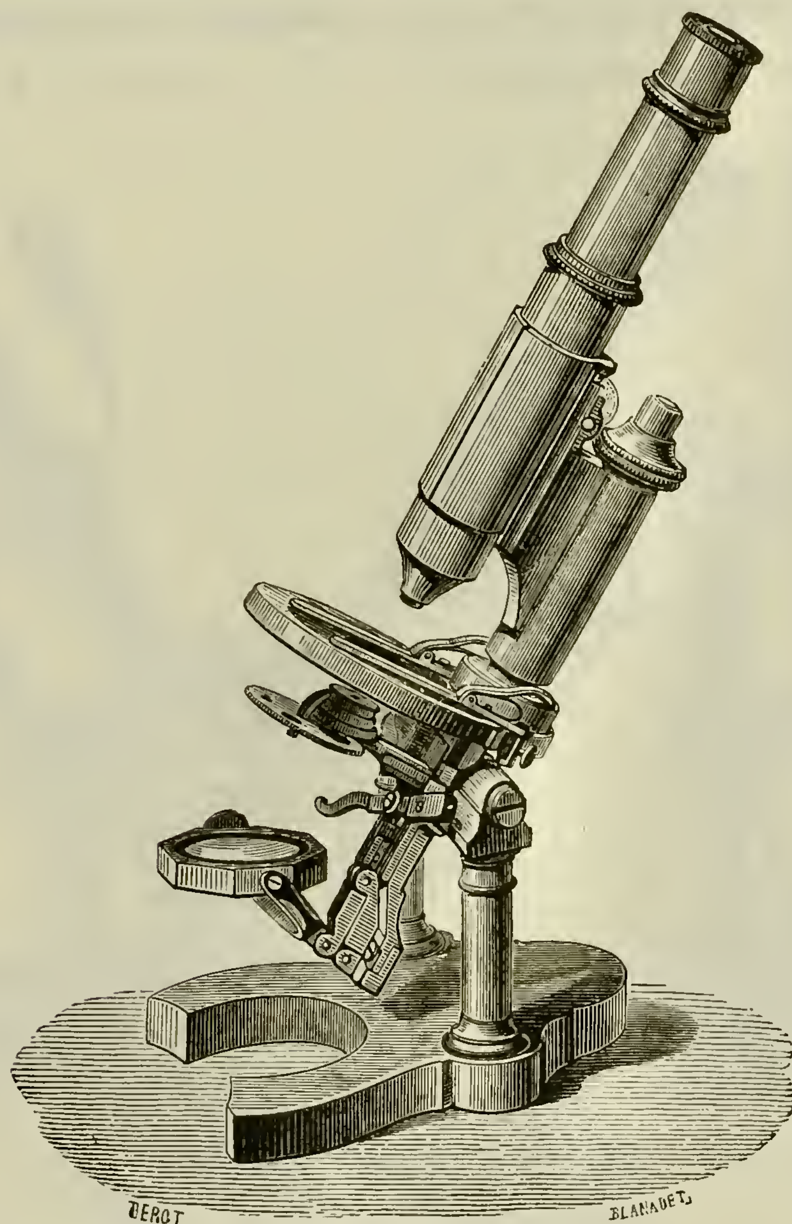


Fig. 18. — Microscope Nachet grand modèle (n° 2).

Parmi les microscopes de moyen modèle Nachet nous devons signaler le modèle inclinant n° 5, à platine tournante incrustée d'une tablette de glace (fig. 19), à pied en fer à cheval, qui ressemble beaucoup au n° 2, sauf qu'il n'est supporté que sur une seule colonne, à charnière, et qu'il n'est accompagné que de 5 objectifs (nos 1, 2, 3, 5 à sec, et 7 à immersion) avec 3 oculaires,

une loupe pour les corps opaques et les petits accessoires ordinaires. Il est d'ailleurs muni d'un diaphragme à tube et d'un miroir articulé pour donner l'éclairage oblique. Son prix est de 500 fr.

A ce modèle inclinant correspond un modèle droit du prix de 450 fr.

Un nouveau moyen modèle Nachet, inclinant, à crémaillère, mais n'ayant plus de platine tournante, coûte 430 fr. ; il est accompagné de 3 oculaires et 4 objectifs (n°s 1, 3, 5 à sec, 7 à immersion).

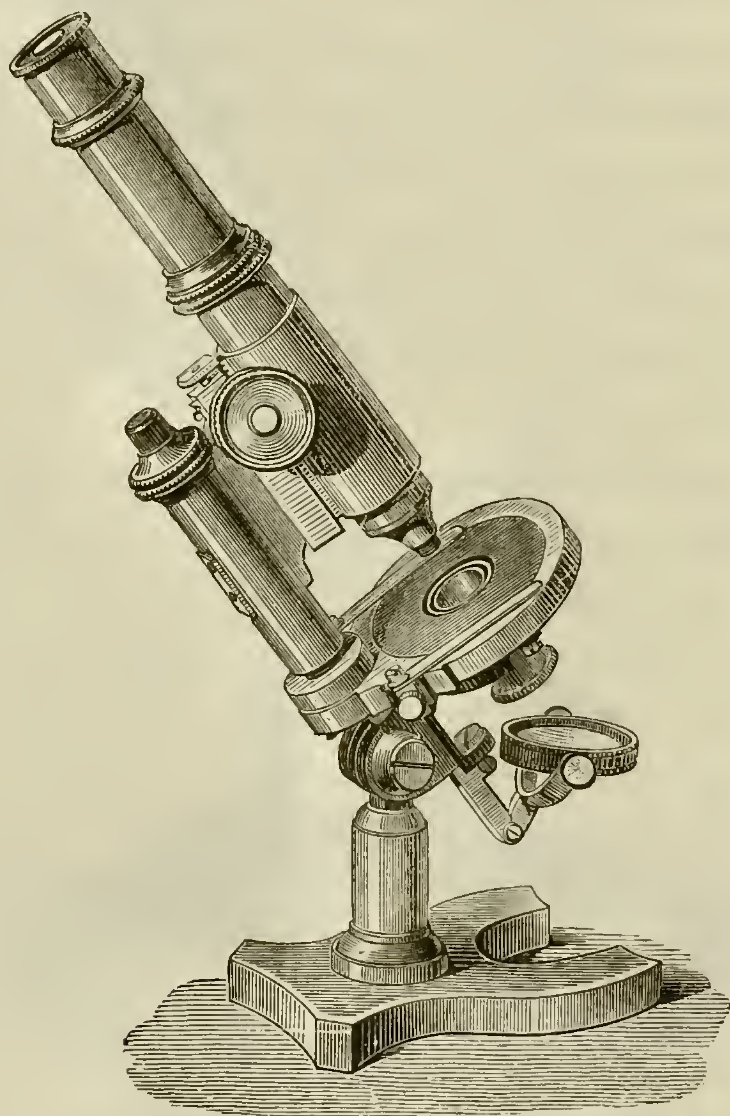


Fig. 19. — Microscope Nachet moyen modèle inclinant (n° 5).

Quant aux microscopes petit modèle, nous citerons les trois suivants. Ils n'ont plus, ni les uns ni les autres, de platine tournante, ni de diaphragme à tube, mais le diaphragme variable à plaque tournante. Le mouvement rapide se fait par le coulant.

Le premier est inclinant (fig. 20), avec 2 oculaires (n°s 1 et 3) et 2 objectifs (n°s 1 et 0) donnant des grossissements de 30 à 500 dia-

mètres. Le choix des oculaires est très-bien entendu, en ce que le second double le grossissement obtenu par le premier, sans changer l'objectif. La loupe pour l'éclairage des corps opaques se fixe sur le corps du microscope.

Ce joli instrument est très-employé, ainsi que le suivant. Son prix est de 150 fr. On comprend qu'on peut, aussi bien qu'à tous les autres d'ailleurs, lui adapter tels objectifs que l'on voudra, car la partie mécanique est aussi soignée dans les petits modèles que

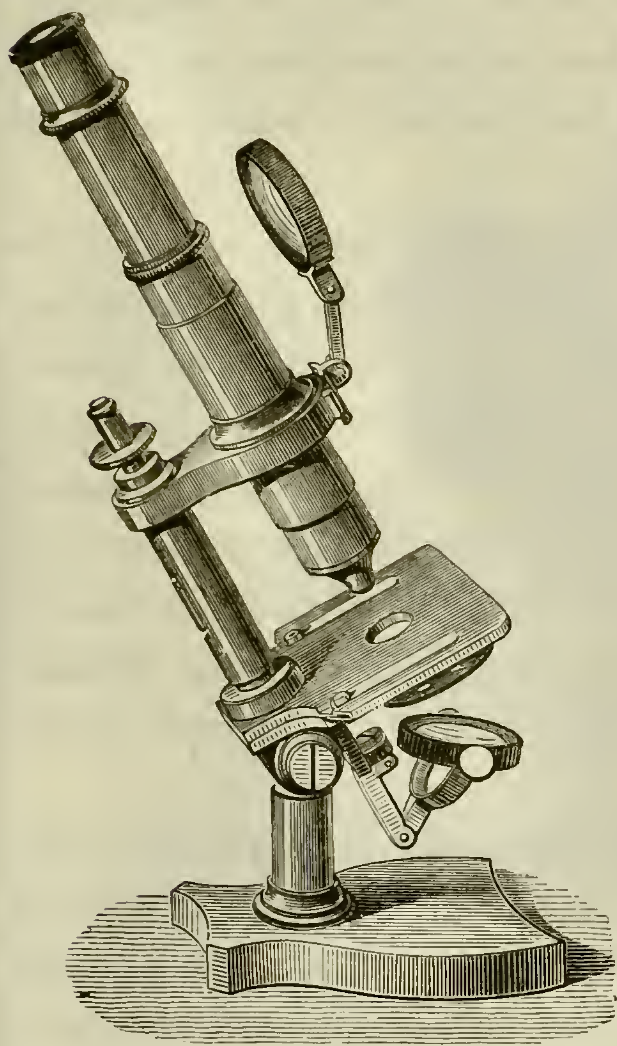


Fig. 20. — Microscope Nachet petit modèle inclinant (n° 9).

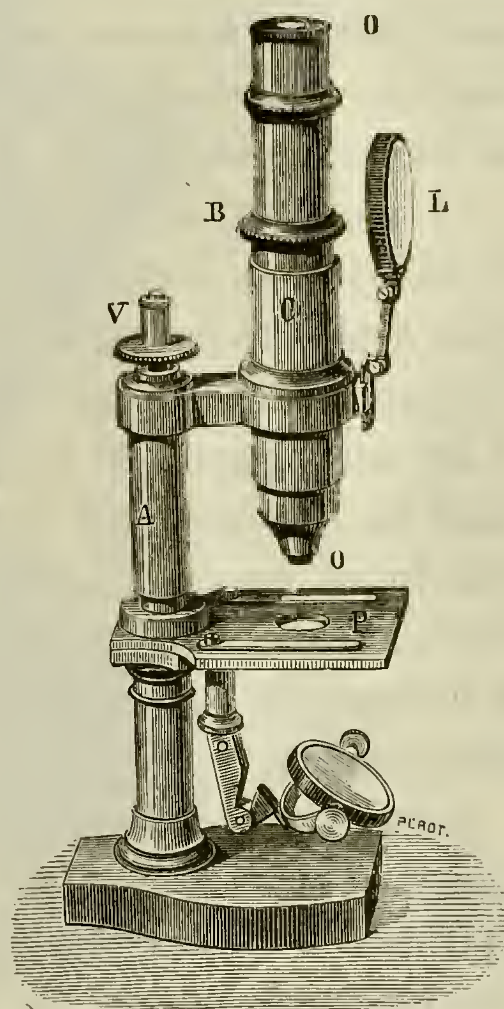


Fig. 21. — Microscope Nachet petit modèle droit (10).

dans les plus grands. Avec l'oculaire n° 2 en plus et l'objectif n° 5 qui porte le grossissement à 700 diamètres, le prix de l'instrument n'est que de 200 fr.

Le second est un microscope absolument semblable au précédent, mais droit. Il présente les mêmes combinaisons optiques : oculaires n°s 1 et 3, objectifs n°s 1 et 3 ; le miroir est articulé et la loupe s'adapte sur le corps. Il est vendu 125 fr. (fig. 21).

Avec l'oculaire n° 2 et l'objectif n° 5, son prix est de 175 fr.

Ce petit modèle est très-employé pour les recherches cliniques qui doivent se faire rapidement et ne comportent pas toujours l'emploi d'un instrument compliqué, à moins qu'il ne soit manié par un observateur habitué aux observations microscopiques et pour qui l'adaptation d'un modèle plus complet ne coûte ni plus de temps ni plus de travail que celle d'un petit modèle.

Quant au troisième petit modèle, c'est un microscope que MM. Nachet ont construit pour les recherches de sériciculture. Il a été établi dans des conditions de simplicité et de bon marché peu communes, mais rendues nécessaires par la destination spéciale de l'instrument dont les Comices agricoles et les éleveurs de vers à soie font un constant usage.

Le pied est en fonte de fer. L'éclairage oblique et celui des corps opaques n'étant pas utiles, le miroir n'est plus monté sur trois articulations, mais sur une seule qui lui permet de donner toujours la lumière centrale, et la loupe à lumière est supprimée. Il est accompagné de l'oculaire n° 2 et de l'objectif n° 3 donnant ainsi un grossissement maximum de 380 diamètres. Si l'on veut obtenir un grossissement moindre, on peut le réaliser en faisant rentrer le second tube du tirage dans le premier, ce qui diminue la distance de l'oculaire à l'objectif et abaisse l'amplification d'un tiers environ.

Dans ces conditions, l'instrument coûte 80 francs, mais en remplaçant l'objectif n° 3 par le n° 5, ce qui élève le grossissement à 500 diamètres, son prix est de 90 fr. Nous conseillerons toujours aux sériciculteurs qui se contenteront de ce modèle d'employer l'objectif n° 5 au lieu du n° 3, le grossissement de 500 diamètres nous semblant indispensable pour la recherche des corpuscules de la pébrine et surtout du ferment de flacherie.

Série Chevalier. — La maison Chevalier est une des plus anciennes de France, et Ch. Chevalier, en particulier, a enrichi l'art de l'opticien de beaucoup de découvertes importantes ; il a le premier construit un grand nombre d'instruments qui sont restés parmi les meilleurs et surtout s'est illustré en achromatisant le premier les lentilles de microscope, quoique Biot eût déclaré la chose impossible.

Les microscopes de cette maison sont bons, très-élégants et de modèles nombreux. Nous nous bornerons à en indiquer quelques-uns qui nous paraissent remplir toutes les conditions désirables.

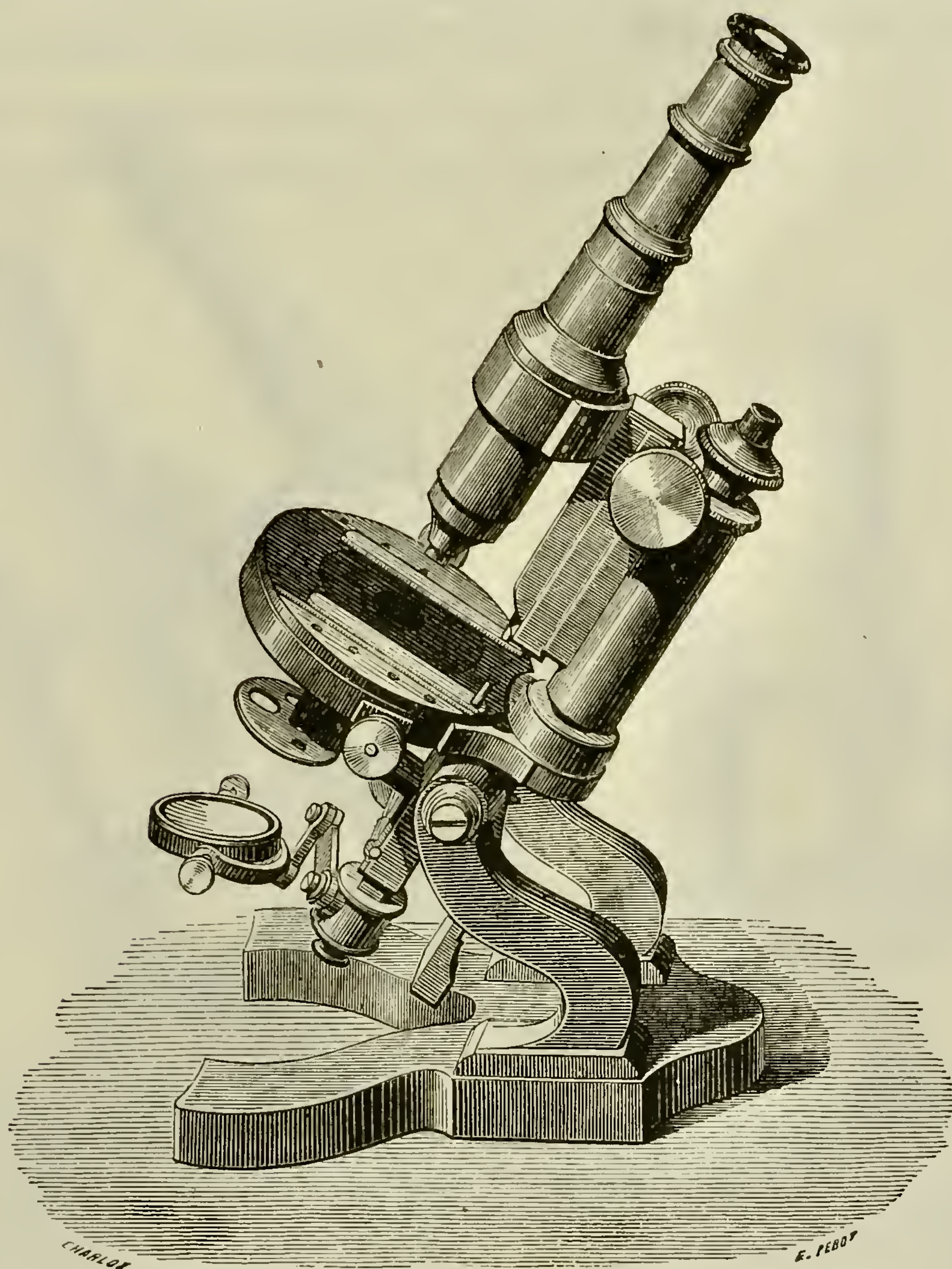


Fig. 22. — Microscope grand modèle d'Arthur Chevalier.

Leur composition est plus ou moins complète et la collection des accessoires qui les accompagnent plus ou moins importante, suivant la grandeur du modèle.

Le premier de ces modèles (fig. 22) est celui que l'on désigne sous le nom de *Microscope de Strauss-Durkheim*. C'est un superbe microscope qui, accompagné d'une collection très-complète d'oculaires, d'objectifs et d'accessoires, coûte 1,350 fr. Mais on peut le remplacer par le moyen modèle.

Ce dernier est un bel instrument (fig. 23) supporté sur un pied

lourd en fer à cheval par deux colonnes courbes soutenant l'axe horizontal sur lequel bascule le corps du microscope qui est à inclinaison. Le tube est à tirage, sans crémaillère pour le mouvement rapide qui s'opère à la main, en faisant glisser le tube dans le canon.

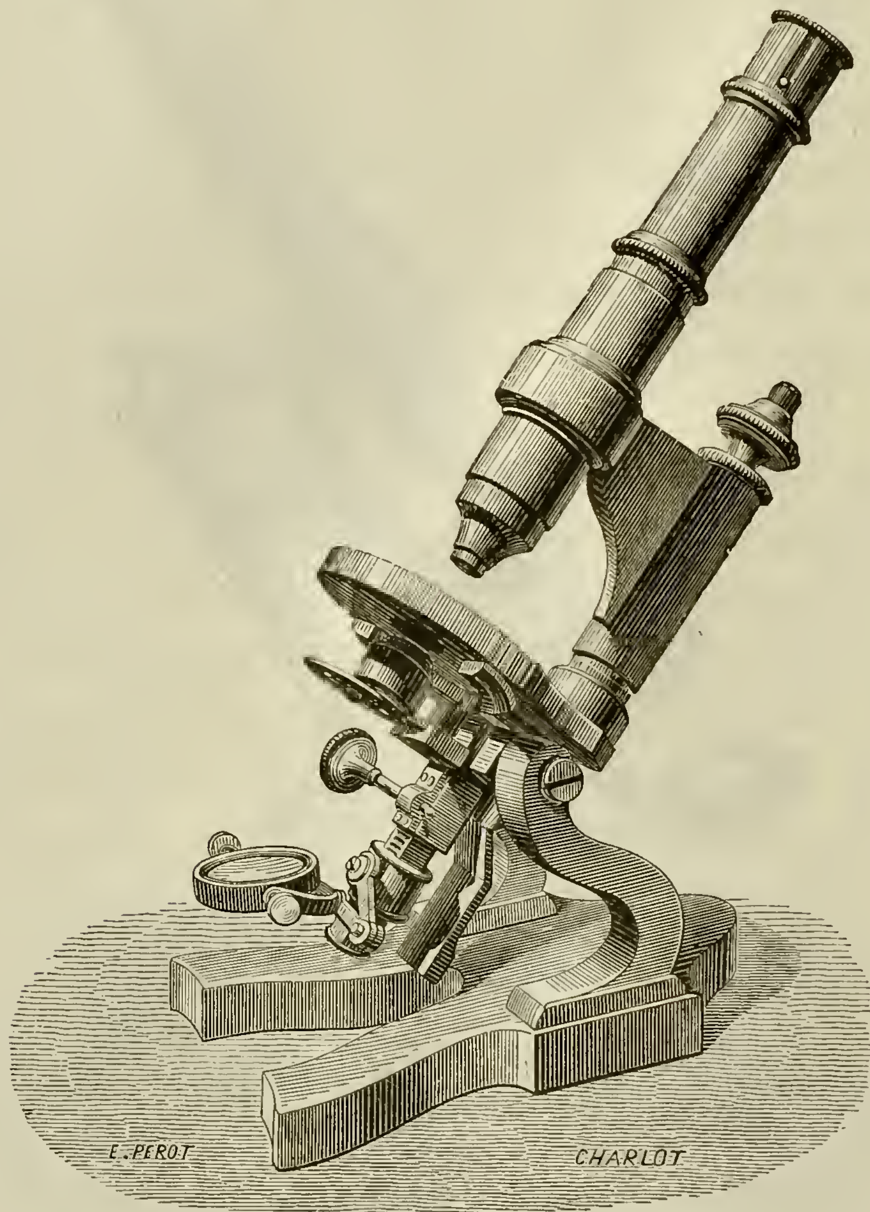


Fig. 23. — Microscope moyen modèle d'Arthur Chevalier.

Le mouvement lent, pour l'ajustement de la mise au point, se fait par une vis micrométrique.

La platine est tournante, incrustée d'une plaque de glace et munie de deux pinces ou valets.

Sous le plateau est un diaphragme variable à trous, avec tube pouvant se mouvoir verticalement par une crémaillère et recevoir des disques à ouvertures plus ou moins grandes, des condenseurs, des prismes de Nicol ou à éclairage oblique. Le miroir est plan d'un côté, concave de l'autre, monté à double articulation et à rotation,

pour permettre l'éclairage oblique sous toutes les incidences.

Ce microscope est accompagné de trois oculaires nos 1, 2 et 3 et de huit objectifs, nos 1, 1 bis, 2, 3, 5, 8, 9 à sec et 10 à immersion, donnant des grossissements de 40 à 1,500 diamètres. Les accessoires se composent d'un micromètre oculaire pouvant s'adapter à tous les oculaires, d'un micromètre objectif, d'une loupe sur pied pour l'éclairage des corps opaques et d'une chambre claire.

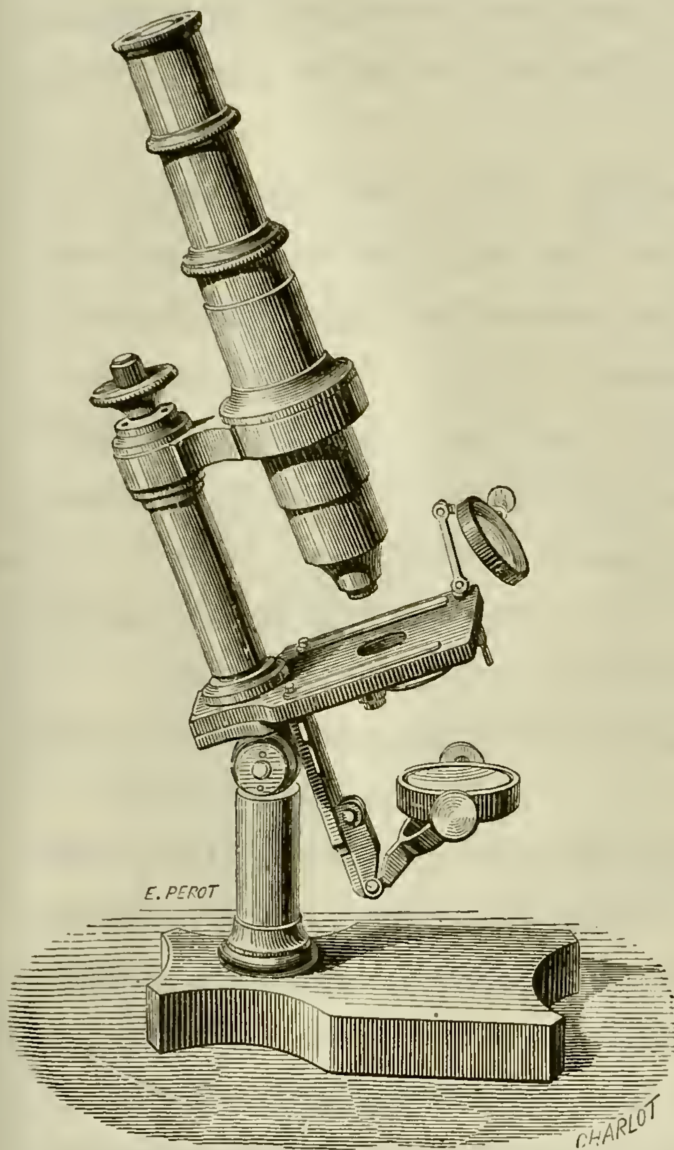


Fig. 24. — Microscope inclinant petit modèle d'A. Chevalier.

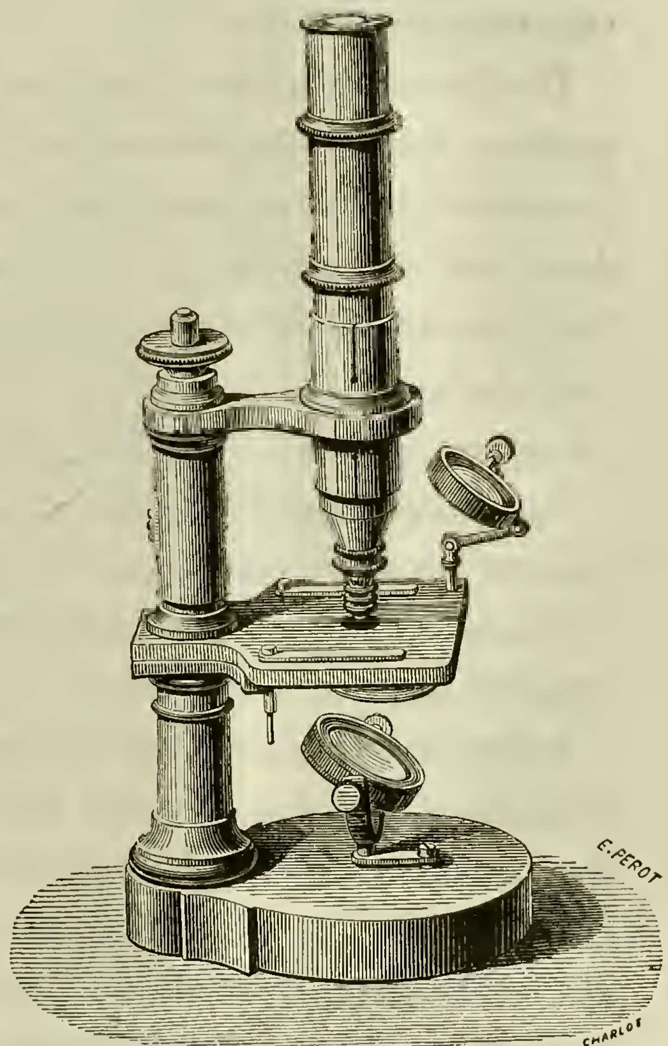


Fig. 25. — Microscope d'étudiant d'A. Chevalier.

L'instrument est enfermé dans une boîte d'acajou, contenant en outre les pinces, ciseaux, scalpels, aiguilles, lamelles et verres minces nécessaires aux préparations.

Cet instrument est très-complet ; son prix est de 680 fr. Il réunit tous les avantages contenus dans les autres systèmes et peut parfaitement remplacer le grand modèle n° 1 qui est construit sur des proportions un peu plus grandes, muni d'une crémaillère pour

le mouvement rapide et accompagné de plus nombreux accessoires, ainsi que de trois objectifs supplémentaires.

Un autre modèle moyen, à inclinaison, avec platine tournante recouverte d'une glace noire, double miroir articulé, diaphragme variable avec tube, trois oculaires et six objectifs nos 2, 3, 5, 8 et 9 à sec et 10 à immersion, donnant des grossissements de 50 à 1,300 diamètres, loupe sur pied, micromètre objectif et micromètre oculaire, chambre claire et les accessoires ordinaires pour les préparations, ne coûte que 480 fr. C'est encore un bon modèle et très-recommandable.

Un dernier modèle à inclinaison (fig. 24) n'est plus muni de la platine tournante, néanmoins c'est un fort bon instrument qui possède encore les avantages fondamentaux du diaphragme à pivot, du miroir articulé et du corps inclinant. Aussi est-il très-employé. Son prix est de 225 fr. accompagné d'une loupe montée sur la platine, de trois oculaires et des trois objectifs, nos 3, 5 et 8, donnant un grossissement de 50 à 1,000 diamètres.

On conçoit que l'on peut ajouter à ce modèle tous les objectifs ou tous les accessoires dont on pourra avoir besoin plus tard.

Un modèle semblable, mais droit et ne s'inclinant pas, ne coûte que 190 fr.

Parmi les petits modèles, nous ne citerons que le *microscope* dit *d'étudiant* (fig. 25), qui est droit, muni d'un diaphragme variable, d'un miroir articulé et d'une loupe montée sur la platine pour l'éclairage des corps opaques. Ce modèle doit être muni d'un oculaire n° 2 et de deux objectifs nos 3 et 5, mais nous conseillons d'y ajouter un oculaire n° 3, et un objectif n° 7 ou 8. Cet instrument coûte 100 fr., et c'est un de ceux que nous recommandons le plus volontiers pour la sériciculture.

Série Hartnack et Prazmowski. — La célèbre maison fondée autrefois à Paris par G. Oberhäuser, continuée par Hartnack, puis Hartnack et Prazmowski, et qui n'est plus représentée, à Paris, que par le savant M. Prazmowski (1), ancien directeur de l'Observa-

(1) Après la guerre de 1870-1871, M. Hartnack est allé s'établir à Potsdam, en Prusse, mais est resté associé à la maison française dirigée par M. Prazmowski, rue Bonaparte, n° 1, à Paris.

toire de Varsovie, fabrique d'excellents instruments et des objectifs de premier ordre.

Le grand modèle (n° VII du catalogue), est supporté par un pied très-lourd, en fer à cheval, sur lequel s'élève un pilastre à charnière qui supporte la platine et le corps du microscope. Le mouvement rapide est fourni par une crémaillère mue à l'aide d'un double bouton moleté, et le mouvement lent par une vis micrométrique que commande le bouton placé au-dessus de la colonne ; mais la tige qui traverse cette colonne et sur laquelle la vis micrométrique la fait monter et descendre en même temps que le tube du microscope qui y est fixé, a la forme d'un prisme triangulaire : l'instrument est, comme on dit, *monté à prisme*, ce qui préserve l'axe optique de tout déplacement latéral et garantit un excellent centrage. Pour assurer encore ce centrage, le tube qui est à tirage ne glisse pas dans un collier ou coulant ; on ne peut l'enlever qu'en le désengrenant. La platine, très-solide aussi, est carrée, large, garnie d'une plaque de glace dépolie et tournante. Par-dessous, une plaque métallique percée d'un trou glisse, comme un tiroir, dans deux coulisses et porte le tube destiné à recevoir les condensateurs, polarisateurs, ou, à son extrémité supérieure, les diaphragmes mobiles percés d'ouvertures de différentes grandeurs. Ce tube, qui glisse verticalement, à frottement dur, dans la douille qui le supporte peut ainsi être élevé ou abaissé avec les diaphragmes dont il est muni ou même enlevé tout à fait. A sa partie inférieure, il porte un pas de vis dans lequel on peut fixer un cadre à coulisses destiné à recevoir des disques de glace bleue, de couleur plus ou moins intense, pour modifier la teinte de la lumière qui éclaire l'objet, particulièrement quand on emploie la lumière jaune des lampes ou la chambre claire avec un faible grossissement. Le miroir, plan d'un côté, concave de l'autre, est monté sur une double articulation pour donner l'éclairage oblique sur les deux côtés. On peut encore l'élever ou l'abaisser en faisant glisser sa monture dans une rainure entaillée dans la tige du corps (fig. 26).

Cet instrument en raison de sa construction et de la force de ses pièces est d'une solidité et d'une fixité à toute épreuve. Sa hauteur, quand le tube est entièrement tiré (sans objectif) est de $0^{m},35$.

C'est un des meilleurs microscopes connus. Accompagné des objectifs nos 2, 4, 5, 7, 9 (le dernier à immersion et correction), donnant des grossissements de 25 à 1,300 diam., de cinq oculaires, dont le n° 2 à micromètre, d'une grande loupe pour l'éclairage des corps opaques, son prix est de 800 fr. ou de 750 fr. sans charnière permettant l'inclinaison.

Le modèle moyen (VII A. du catalogue) des mêmes constructeurs

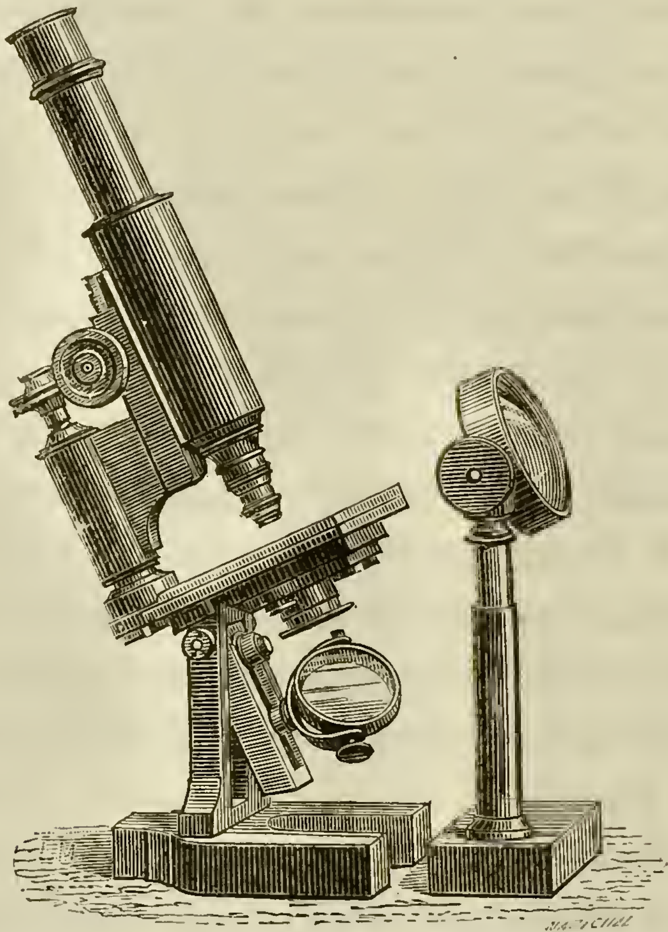


Fig. 26. — Microscope grand modèle Hartnack et Prazmowski.

est absolument semblable, sauf que ses dimensions sont un peu moindres, ce qui ne le rend que plus commode pour les recherches usuelles. La composition optique est la même et le prix de 650 fr. sans charnière, de 680 fr. avec colonne à inclinaison (fig. 27).

Le petit modèle (VIII) est construit sur les mêmes principes, sauf que la platine n'est plus rotative. Accompagné des objectifs nos 4, 7, 8, et de trois oculaires, grossissant de 50 à 650 fois, il est vendu 275 francs. Son prix varie, d'ailleurs, suivant que le corps peut ou non s'incliner et qu'on y ajoute des objectifs plus puissants (fig. 28).

MM. Hartnack et Prazmowski construisent encore différents autres modèles que nous ne pouvons décrire ici, les trois précédents

étant les plus importants. Cependant nous devons signaler un petit microscope spécialement destiné aux recherches cliniques, à la sériciculture, etc., et qui, accompagné d'un oculaire, d'un objectif n° 7, à plus long foyer que le n° 7 des grands microscopes, et de tous les petits ustensiles accessoires, pinces, scalpel, aiguilles, etc., n'est vendu que 75 fr.

Tous les instruments sortant de la maison Hartnack et Prazmowski

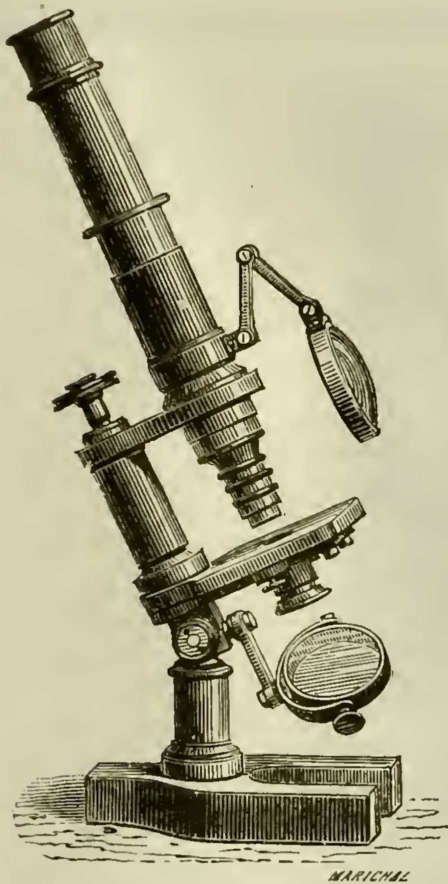


Fig. 27. — Microscope moyen modèle Hartnack et Prazmowski.

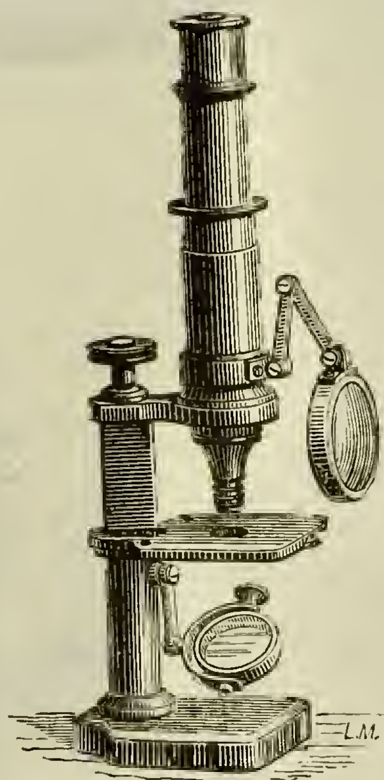


Fig. 28. — Microscope petit modèle Hartnack et Prazmowski.

sont de premier ordre et des meilleurs qu'on puisse employer. Nous n'avons qu'un seul reproche à leur faire : le système du tiroir à coulisses pour porter les diaphragmes, excellent pour obtenir et conserver un centrage exact, est peu commode, et moins facile à manœuvrer que celui de l'excentrique employé par M. Nachet, lequel système maintient peut-être un peu moins bien le centrage quand il n'est pas aussi parfaitement exécuté que chez M. Nachet, mais est d'un maniement des plus faciles.

Série Vérick. — M. C. Vérick, ancien élève d'Oberhäuser et d'Hartnack construit aussi de bons microscopes dont le type se rapproche beaucoup de ceux dont nous venons de parler. Les pièces en sont aussi très-fortes et le pied est même plus lourd que ceux

des modèles d'Hartnack et Prazmowski. Il est aussi plus long, ce qui donne plus de stabilité à l'instrument, quand il est très-incliné.

Le grand modèle (n° 1) est un bel instrument établi absolument comme le modèle n° VII d'Hartnack, sauf que le tube à tirage est engagé comme celui du microscope de Nachet dans un canon ou collier dont on peut le retirer pour changer les objectifs, ce qui permet de l'élever et de l'abaisser au-dessus de la platine sans ma-

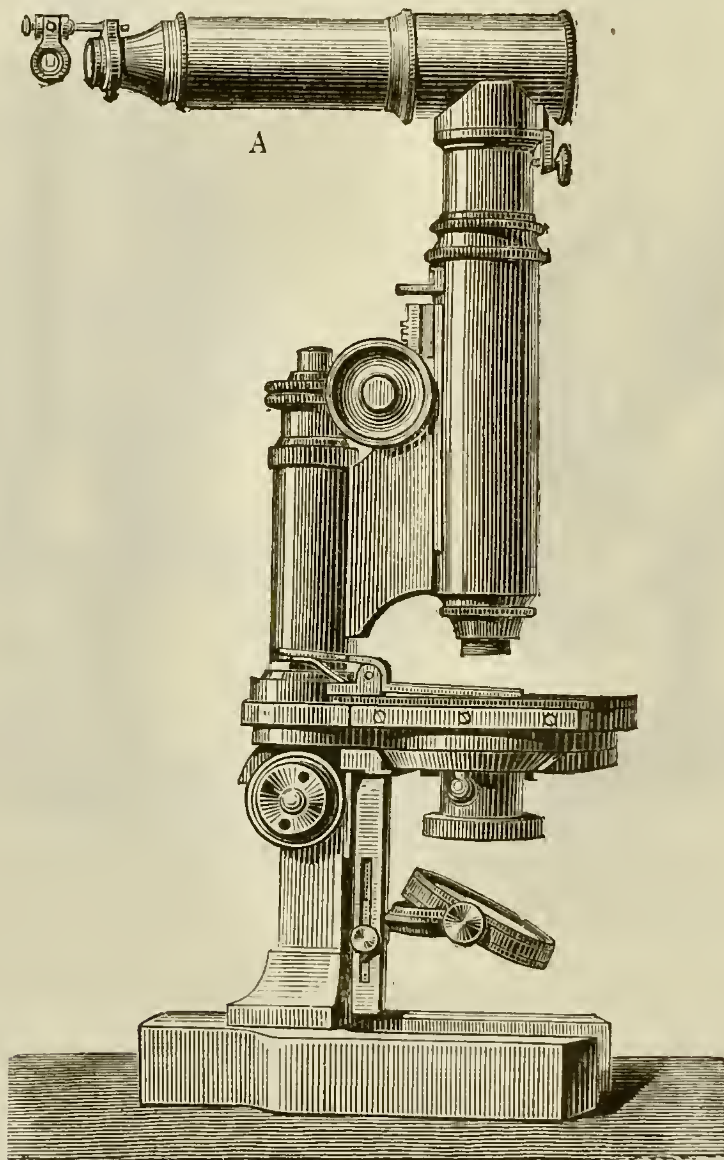


Fig. 29. — Microscope n° 2 de Vérick (1).

nœuvrer la crémaillère. D'ailleurs M. Vérick construit le même modèle sans crémaillère. Il est monté à prisme et le miroir, plan et concave, outre les mouvements latéraux et verticaux, a encore un mouvement en avant, comme dans les microscopes Nachet. Accompagné des objectifs n°s 0, 2, 6, 7, 10 (le dernier à immersion et

(1) La pièce A ne fait pas partie du microscope, c'est la chambre claire d'Oberhäuser qui transforme l'instrument en microscope horizontal.

correction), de trois oculaires dont le n° 2 à micromètre, et d'une loupe sur pied, cet instrument vaut 750 fr.

Le n° 2, semblable, mais un peu moins grand, ayant de même la platine tournante, le tube porte-diaphragme à tiroir et les objectifs n°s 0, 2, 6, 8, avec trois oculaires et une loupe, vaut 500 fr. sans crémaillère et 550 fr. avec crémaillère (fig. 29).

Le modèle n° 3, plus petit, à platine tournante, n'a pas de crémaillère. Son prix est de 390 fr. avec les objectifs n° 0, 2, 6, 7 et trois oculaires. Le n° 4, dont la taille est à peu près la même, n'a pas la platine tournante. Avec les objectifs n°s 2 et 6 et deux oculaires, il est vendu 165 fr. (fig. 30). Le plus petit modèle, pour la clinique, la sériciculture, etc., avec l'objectif n° 4 et un oculaire, est vendu 90 fr.

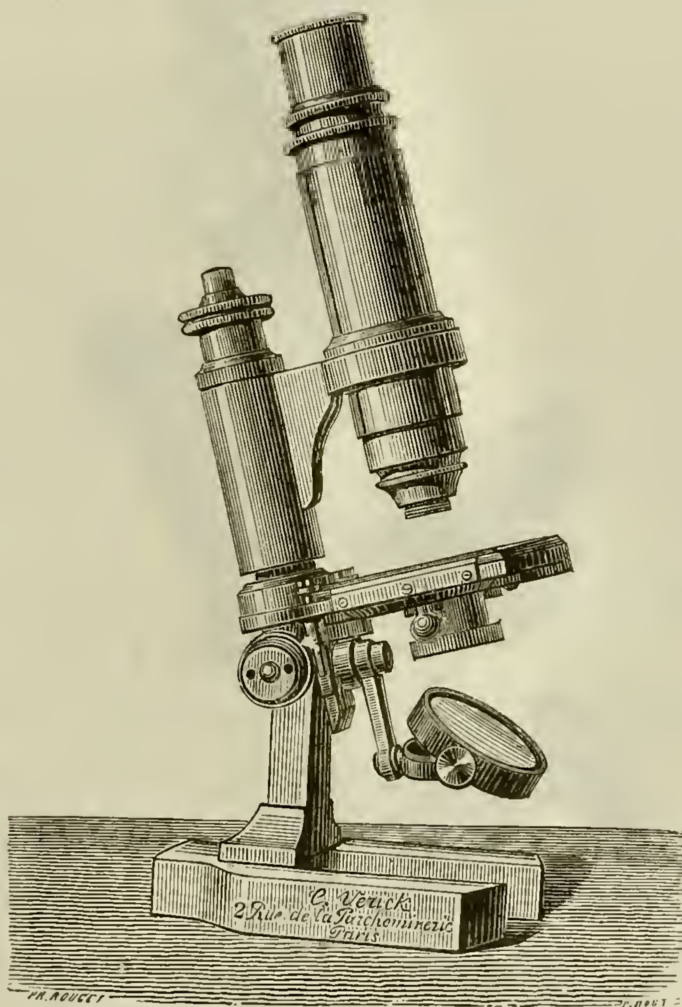


Fig. 30. — Microscope n° 4 de Vérick.

Série Zeiss (à Iéna). — Plusieurs constructeurs étrangers fabriquent aussi des microscopes qui ont une grande réputation, très-méritée d'ailleurs. En Allemagne, outre Hartnack à Potsdam, en cite Schrœder à Hambourg, Plœssl à Vienne, Schieck et Bénèche

à Berlin, et surtout C. Zeiss, à Iéna, dont les modèles sont très-nombreux, et, si nous en jugeons par celui que nous connaissons (grand modèle 1 *b*), se rapprochent complétement de ceux d'Hartnack et Prazmoswki (fig. 31).

Le pied, dans le modèle dont nous parlons, est très-lourd, en forme de fer à cheval et porte un fort pilastre à charnière. Celui-ci supporte le corps, et la platine tournante, large et carrée, a les coins

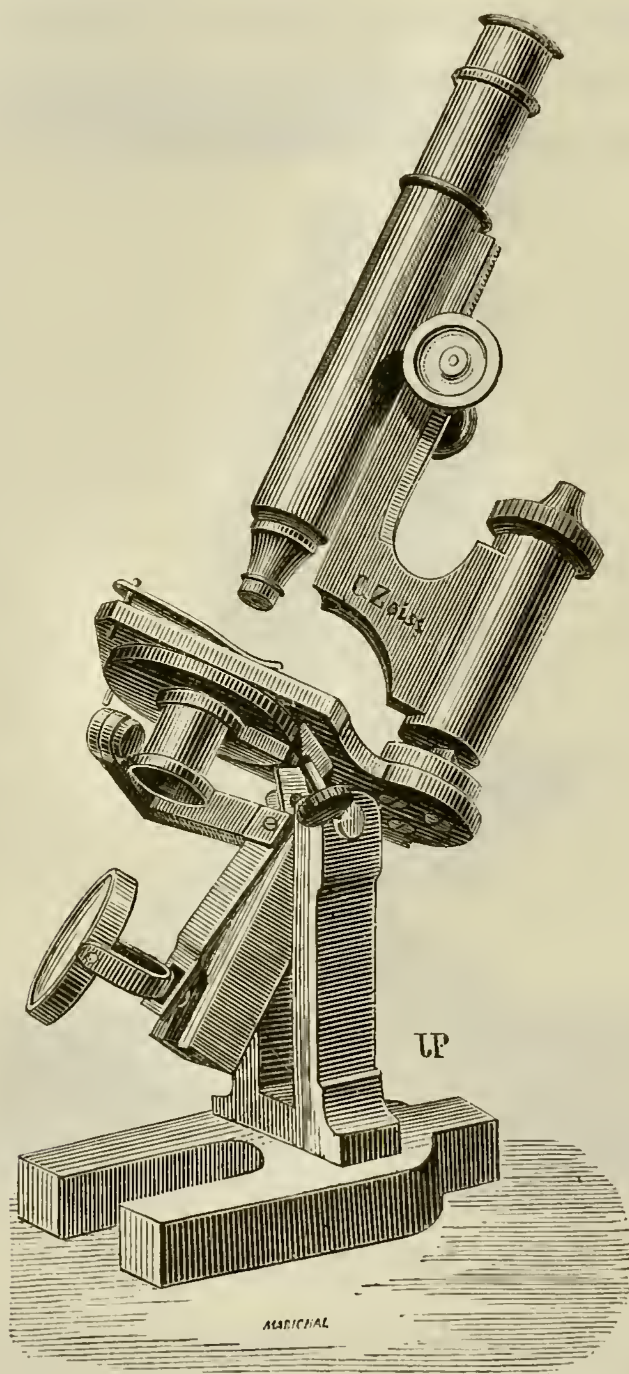


Fig. 31. — Microscope grand modèle n° 1 *b* de C. Zeiss.

arrondis (1). Le tube porte-diaphragme est à tiroir et le miroir doué de trois mouvements, mais toute cette partie, la *sous-platine* des Anglais, peut s'enlever et se remplacer par l'excellent conden-

(1) Les coins arrondis sont très-utiles, parce que souvent les angles aigus des platines carrées sont assez dangereux pour les doigts.

sateur de M. Abbé, professeur à Iéna, condensateur qui porte un miroir. Le tube du microscope est à tirage, avec crémaillère et mouvement lent, monté à prisme. Cet instrument, dont la hauteur est de 0^m,29, est très-bien et très-solidement construit, c'est un des bons modèles connus et il ne nous paraît inférieur à aucun de ceux des meilleurs constructeurs français. Son prix, à Iéna, est de 135 fr. sans aucun accessoire. Avec neuf objectifs dont trois à immersion (grossissant de 18 à 2,300 diam.), cinq oculaires, une chambre claire, un appareil de polarisation complet, un micromètre objectif et un micromètre oculaire, il monte à 1,292 fr., mais on peut abaisser ce chiffre en se contentant d'une composition optique moins complète.

Un plus grand modèle dont la hauteur est de 0^m,30, vaut *nu* 187 fr. et avec douze objectifs, cinq oculaires, condensateur d'Abbé, microspectroscope, polarisation, chambre claire, etc., 1762 fr. Les modèles moyens valent, nus, de 60 à 94 fr., et les petits modèles de 23 à 49 fr. ; on peut disposer la composition optique en raison de la somme qu'on veut employer. La série des objectifs de M. C. Zeiss comporte quinze numéros désignés par des lettres *a*, *aa*, A, AA, B, BB, C, CC, D, DD, E, F à sec, et n°s 1, 2, 3 à immersion (les derniers à correction) (1), donnant des grossissements, avec les cinq oculaires, de 5 à 2,300 diamètres.

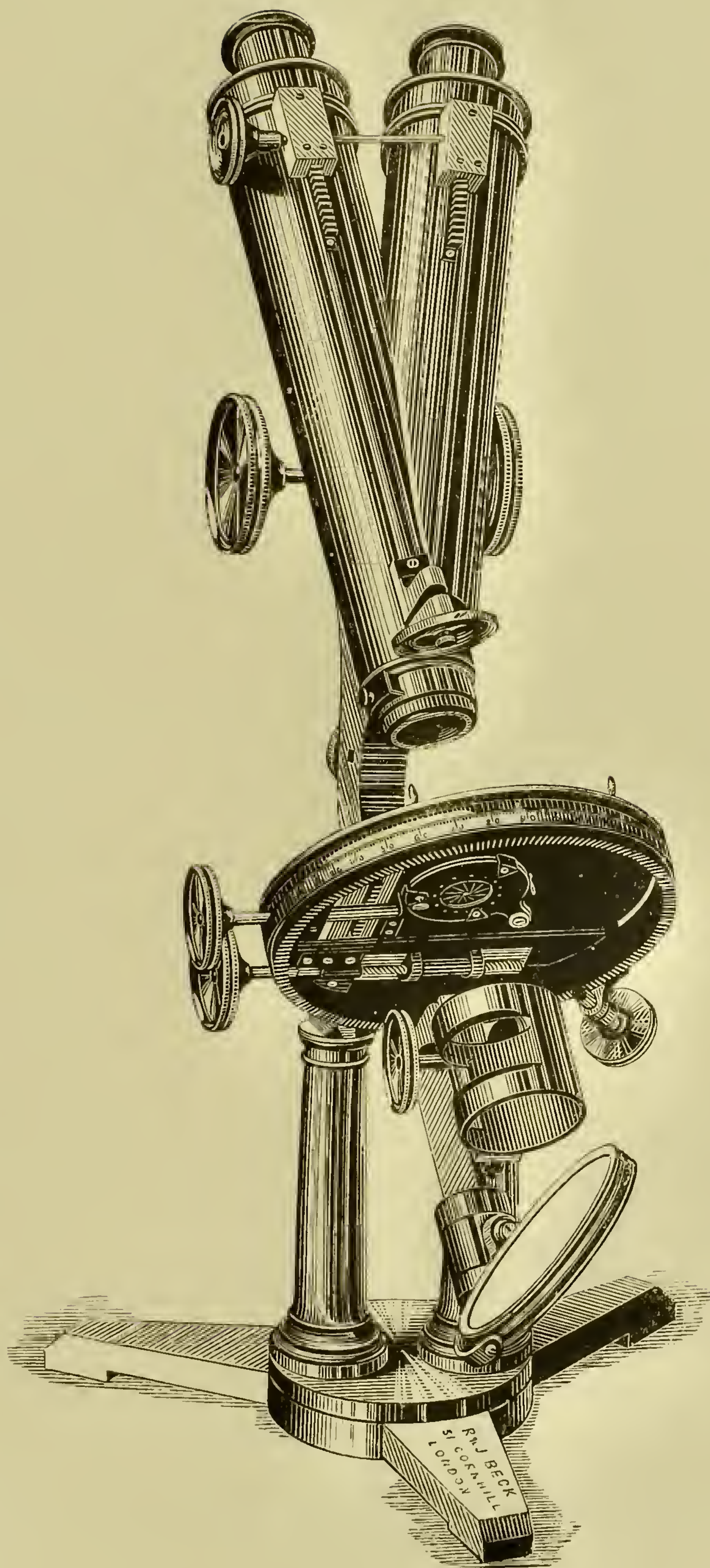
La maison Zeiss est d'ailleurs une des plus anciennes et des meilleures d'Allemagne. On construit aussi dans ses ateliers un bon microscope simple dont Schacht a fait un grand éloge.

Microscopes anglais. — L'Angleterre possède beaucoup de grands constructeurs au nombre desquels nous citerons MM. R. et J. Beck, Th. Ross et Cie, Powell et Lealand, J. Swift, Crouch, Browning, Collins, etc. Mais les microscopes anglais sont construits sur un autre type et, pour ainsi dire, en vue d'un autre but que les nôtres. Tandis que, chez nous, le microscope est exclusivement un instrument scientifique, il est le plus souvent en Angleterre un meuble de récréation et d'amusement ; tandis qu'en France on ne le trouve que dans le laboratoire ou le cabinet des savants, il figure

(1) Les systèmes à double lettre ont le même pouvoir amplifiant que ceux qui sont désignés par la même lettre simple, mais ils ont un plus grand angle d'ouverture.

chez nos voisins, au salon, au même titre que chez nous a longtemps paru le stéréoscope. Ses révélations sur la structure des choses ou l'organisation des êtres qui nous entourent, les merveilleux effets, les jeux de couleurs que produit la lumière polarisée y sont la source de distractions toujours nouvelles et très-prisées. De plus, des hommes, et même des femmes, qui ne sont pas des savants de profession, pour ainsi dire, mais des industriels, des commerçants, des gens du monde, comme on dit, s'adonnent avec persévérance et succès aux études micrographiques. Aussi, la clientèle des opticiens anglais est-elle, en général, beaucoup plus nombreuse et, il faut l'avouer, plus fortunée que celle des constructeurs français. Il en résulte que les modèles sont plus divers, s'accompagnent d'une grande quantité d'accessoires destinés à produire des effets particuliers, que le mécanisme se complique de beaucoup de mouvements qui en rendent le maniement plus facile, plus automatique et plus commode lorsqu'il s'agit d'examiner les préparations toutes faites des collections; aussi ces instruments sont-ils plus compliqués, souvent moins pratiques et enfin, en raison aussi du prix élevé de la main-d'œuvre, d'une cherté qui, en France, éloignerait beaucoup d'acheteurs.

Le premier caractère qui frappe dans les microscopes anglais est leur taille considérable. Le tube qui, chez nous, ne dépasse guère $0^{m},21$, atteint généralement $0^{m},25$ de hauteur et encore peut-il toujours s'allonger avec un tube additionnel (draw-tube) jusqu'à une hauteur de $0^{m},35$. Les objectifs, presque toujours à correction, même dans les faibles grossissements, participent à ces grandes dimensions. La conséquence de cette hauteur du tube est que les instruments sont à inclinaison et non à rotation de la même manière que les nôtres. Dans les grands modèles, la platine seule tourne autour de son centre, mais l'appareil optique reste fixe et l'objet se déplace, par conséquent, à chaque mouvement et sort du champ; c'est pourquoi la platine, au lieu d'être une table sur laquelle l'observateur travaille, est un cadre muni, outre le mouvement rotatoire, de deux mouvements rectangulaires, l'un de droite à gauche, et l'autre d'arrière en avant, pour ramener continuellement l'objet dans le champ. Il n'y a pas de centrage de



Microscope grand modèle binoculaire, de R. et J. Beck.

l'instrument, et c'est l'observateur lui-même qui centre les condensateurs, polarisateurs et autres accessoires adaptés sous la platine, et dont chacun est doué, dans ce but, de deux mouvements rectangulaires. Mais si l'instrument paraît compliqué au premier abord, il faut ajouter que le mécanisme, du moins sur les microscopes qui sortent des grandes maisons, fonctionne supérieurement et qu'on s'habitue bien vite à le manœuvrer.

Série R. et J. Beck. — L'ancienne et excellente maison R. et J. Beck construit d'admirables instruments dont nous devons donner une description rapide. Chaque modèle est double, monoculaire et binoculaire, car le microscope binoculaire est aussi répandu en Angleterre qu'il est malheureusement rare en France. Le grand modèle de MM. Beck (pl. I) se compose d'un double tube réuni en un seul à sa partie inférieure et mesurant $0^m,25$ de hauteur. A sa partie supérieure, les oculaires peuvent s'élever à l'aide d'une crémaillère, et, en s'élevant ou s'abaissant, ils s'écartent ou se rapprochent suivant l'écartement des yeux de l'observateur. Le système de prisme (système Wenham) qui fournit la vision binoculaire est situé au-dessus de l'objectif, et, en tirant la boîte qui le contient hors du corps, à l'aide du petit bouton qui la meut, on peut la faire sortir de l'axe optique et employer le tube droit pour la vision monoculaire.

Le tube est monté à crémaillère sur une tige solide qui tourne autour d'un axe horizontal supporté par deux colonnes reposant sur un large trépied. Cette tige peut ainsi s'incliner à volonté avec le tube qu'elle porte par en haut, la platine, la sous-platine et la miroir plan-concave qu'elle soutient par en bas. Le miroir peut se mouvoir dans tous les sens pour donner l'éclairage oblique, s'élever et s'abaisser sur la tige. Quant à la platine, c'est un véritable chef-d'œuvre de construction : circulaire dans ce modèle, elle peut tourner autour de son centre par un pignon placé au-dessous et qui s'engrène dans une crémaillère circulaire; elle est divisée sur le pourtour et peut servir de goniomètre. A sa surface supérieure, elle porte un petit cadre mobile à ressorts, entre les bords duquel se prend et s'assujettit le porte-objet. Deux vis latérales, placées l'une à côté de l'autre, de sorte qu'on peut les manœuvrer de la main droite, et même simultanément, font mouvoir ce cadre dans les deux

sens rectangulaires que nous avons indiqués. Enfin, la platine est percée à son centre d'un large trou rond devant lequel on peut amener un disque diaphragme doué d'un mouvement excentrique. Ce disque est composé d'un grand nombre de lamelles métalliques qui, lorsqu'on touche un petit bouton, s'écartent régulièrement les unes des autres et forment au centre du disque une ouverture circulaire dont on varie le diamètre à volonté depuis 0m,03 jusqu'à la finesse d'un trou d'aiguille, ou qu'on ferme complétement en poussant le bouton ; ce charmant petit appareil, très-bien nommé par M. Beck, *iris-diaphragm* (*contracting diaphragm* de M. Swift) est, en réalité, une pupille qui remplace avantageusement la série de petits disques percés, qu'on place dans l'ouverture de la platine de nos microscopes, mais il ne peut pas s'élever jusqu'au contact du porte-objet.

Nous avons dit que le mouvement rapide du tube optique est donné par une crémaillère mue à l'aide d'un double bouton ; le mouvement lent est fourni par une vis micrométrique placée en avant du tube, au-dessus de l'objectif, et qui agit sur une pièce intérieure à laquelle se visse l'objectif. Si, par hasard, ce dernier arrive au contact de la préparation, au lieu de la crever, il rentre dans le tube avec la pièce qui le porte et que pousse un ressort très-doux (1). De plus, la tête de la vis est très-large et graduée en fractions de pouce, de sorte qu'on peut savoir à chaque instant de combien de fractions de pouce ou de ligne on a fait avancer l'objectif. Ce système permet, par la mise au point pour la surface supérieure d'un objet et la mise au point pour la surface inférieure, de mesurer l'épaisseur de cet objet et, par exemple, de la lamelle mince qui recouvre la préparation. Cette épaisseur étant connue, on peut savoir immédiatement, par un tableau établi d'avance, à quelle division de la graduation il faut arrêter l'index de chaque objectif à correction pour avoir l'image la plus nette, et il ne reste qu'à retoucher la correction pour l'obtenir parfaite sans longs tâtonnements.

(1) On sait que M. Nachet emploie ce système dans son grand modèle, lequel comporte un appareil binoculaire et une platine tournante à deux mouvements rectangulaires, comme les grands modèles anglais.

Enfin, sous la platine est un cylindre de cuivre, qu'on peut en rapprocher ou en éloigner à l'aide d'une crémaillère ; il est exactement centré et destiné à recevoir les condensateurs, polarisateurs, paraboloïdes et autres appareils modificateurs de la lumière.

Le prix de ce superbe instrument, accompagné d'un tube à tirage supplémentaire qui peut s'introduire dans le tube droit du microscope, de deux paires d'oculaires et de quelques petits accessoires, est de 880 fr., sans objectifs. — Le même modèle, monoculaire, ne coûte que 700 fr. La composition optique et le choix des accessoires est laissé à la volonté des acquéreurs. La série des objectifs, qui comprend quinze numéros, depuis 4 pouces de foyer jusqu'à 1/40 de pouce, est de premier ordre comme construction, et est pourvue de correction depuis le 4/10 de pouce.

Un second et un troisième modèles, semblables au précédent, n'ont plus la platine tournante et sont portés sur une seule colonne à charnière. Ce sont encore de forts beaux instruments monoculaires ou binoculaires à volonté, et auxquels la platine tournante peut être ajoutée à peu de frais. Leur prix varie de 750 à 500 fr. sans objectifs ni accessoires.

Les instruments de la seconde classe construits par MM. R. et J. Beck, sont des microscopes d'étudiant dont la platine se meut rectangulairement, mais qui n'ont plus de cylindre à crémaillère sous la platine pour ajuster les appareils d'éclairage. Monoculaires ou binoculaires, d'ailleurs, munis d'un double miroir articulé, d'un mouvement lent et d'un mouvement rapide, ce sont toujours des instruments sérieux et capables de bons services. Leur prix varie de 500 à 80 francs.

Les microscopes de troisième classe de MM. Beck comprennent entre autres le « microscope populaire » qui est fort ingénieux. Le pied est triangulaire et la colonne qui supporte la tige à laquelle sont fixés, par en haut, le tube, au milieu la platine et, par en bas, le miroir, est elle-même une plaque triangulaire dont la base se meut à charnière sur un des côtés du triangle formant le pied. La tige est de même mobile autour d'un axe horizontal et peut prendre toutes les inclinaisons sur son support. Il résulte de cette combinaison que le microscope peut être vertical, incliné ou horizontal, et peut même

s'aplatir tout à fait sur la table ou dans la boîte où on le place, ce qui le rend très-commode pour le transport. Le mouvement rapide est donné par une crémaillère, le mouvement lent par une vis micrométrique ; la platine est circulaire, munie de ressorts pour maintenir la préparation et d'un diaphragme formé d'un disque tournant percé de trous de différents diamètres. Une série particulière d'objectifs est construite pour ce microscope et, avec trois de ces objectifs, deux oculaires, tous les accessoires nécessaires et la boîte en acajou munie de poignées de cuivre, l'instrument est vendu 420 fr. s'il est binoculaire, 280 fr. s'il est monoculaire, mais on peut se procurer le corps *nu* pour 190 et 140 francs. C'est un instrument très-commode et dont la construction est assez soignée pour qu'on puisse lui adapter les objectifs des microscopes des première et deuxième classe. Il comporte, d'ailleurs, des condensateurs, des polarisateurs et tous les appareils particuliers, réduits seulement à de moindres dimensions.

Le « microscope universel », qui fait partie des instruments de quatrième classe, est un modèle à bon marché (120 fr.), avec deux objectifs, deux oculaires (loupes et petits ustensiles accessoires) qui, pour avoir un caractère moins scientifique que les premiers, peut encore rendre de grands services aux commençants et à toutes les personnes qui, sans être des micrographes, s'intéressent aux études micrographiques.

En somme, tous les instruments construits par M. M. R. et J. Beck doivent être comptés parmi les meilleurs qui existent. Leurs formes et leur disposition ne s'éloignent pas trop de celles auxquelles nous sommes accoutumés pour qu'on ne prenne pas en quelques jours l'habitude de les manier aussi aisément que les nôtres. D'ailleurs le grand modèle binoculaire de M. Nachet, avec platine mobile et tournante, vis supplémentaire ou *vis de nez* pour la mise au point, se rapproche beaucoup du grand modèle de MM. Beck. C'est le seul, du reste, qui puisse lui être comparé parmi les microscopes français.

Série Th. Ross. — La maison fondée par Andrew Ross, continuée aujourd'hui par M. M. Th. Ross et Cie et à laquelle appartient M. Wenham, est encore une des plus célèbres de l'Angleterre. Les

modèles qu'elle construit sont aussi fort nombreux et sont de ceux qui ont été le plus imités par les opticiens anglais (1), ils sont établis sur deux types, le *modèle Ross*, et le *modèle Jackson*.

Les microscopes du modèle Ross (2) sont portés, comme presque tous les microscopes anglais, sur un trépied soutenant les deux montants. Dans les grands modèles, trépied et montants sont formés d'une seule pièce de cuivre. La tige de l'instrument est traversée par un axe horizontal porté dans des tourillons à la partie supérieure des deux montants et peut être fixée, dans une inclinaison quelconque, à l'aide d'un écrou mû par un petit levier sur le montant de droite. Cette tige porte, par en bas, le miroir plan-convexe, doué d'un mouvement vertical le long de la tige et d'un double mouvement latéral sur un bras articulé, et, par en haut, le pignon, mû par un double bouton moleté, sur lequel s'engrène par une crémaillère le bras horizontal soutenant le tube monoculaire ou binoculaire du microscope. Le mouvement lent est donné par une vis placée sur le bras horizontal et qui agit sur le tube du nez du microscope. La tête de cette vis est large, graduée et tourne devant un index qui indique de combien de divisions elle a tourné. Par derrière, à l'extrémité supérieure de la colonne ou tige, se trouve un autre bouton moleté permettant de serrer et desserrer le bras horizontal sur la colonne et de donner à ce bras, qui porte le tube, un petit mouvement latéral vers la droite seulement. La platine, circulaire et à rotation par un pignon et une crémaillère circulaire aussi, placés par-dessous, a son limbe divisé. Elle porte toujours un chevalet ou cadre, à pièces mobiles, dans lequel on serre la préparation, et le double mouvement rectangulaire que nous avons décrit. Dans les instruments moyens, la platine carrée ne tourne pas dans son entier, mais le double mouvement rectangulaire est porté sur une pièce circulaire que l'on peut faire tourner concentriquement, avec la main.

La seconde platine, située au-dessous de la première, et qu'on ajoute dans les instruments complets, consiste en un cylindre que l'on peut centrer à l'aide de deux vis placées à angle droit, et qui, par

(1) M. Mirand fils, à Paris, construit des corps de microscopes qui se rapprochent beaucoup pour la forme et les dispositions des modèles Ross, Swift, Collins, etc.

(2) On peut suivre cette description sur la planche III (modèle de *présentation*, Swift, qui ressemble, en beaucoup de ses parties, au grand modèle Ross).

une crémaillère circulaire et un pignon, éprouve un mouvement de rotation permettant de faire tourner les condensateurs, polarisateurs et autres appareils fixés dans le cylindre. Celui-ci est muni d'un diaphragme à disque tournant.

Les instruments de modèle Jackson (fig. 32) ne diffèrent des précédents que par la forme de la tige du microscope. Celle-ci est très-haute et dépasse le point où est fixé le pignon faisant mouvoir la crémaillère. Le bras horizontal est ainsi remplacé par une haute pièce de cuivre, évidée pour diminuer son poids. Ce système a

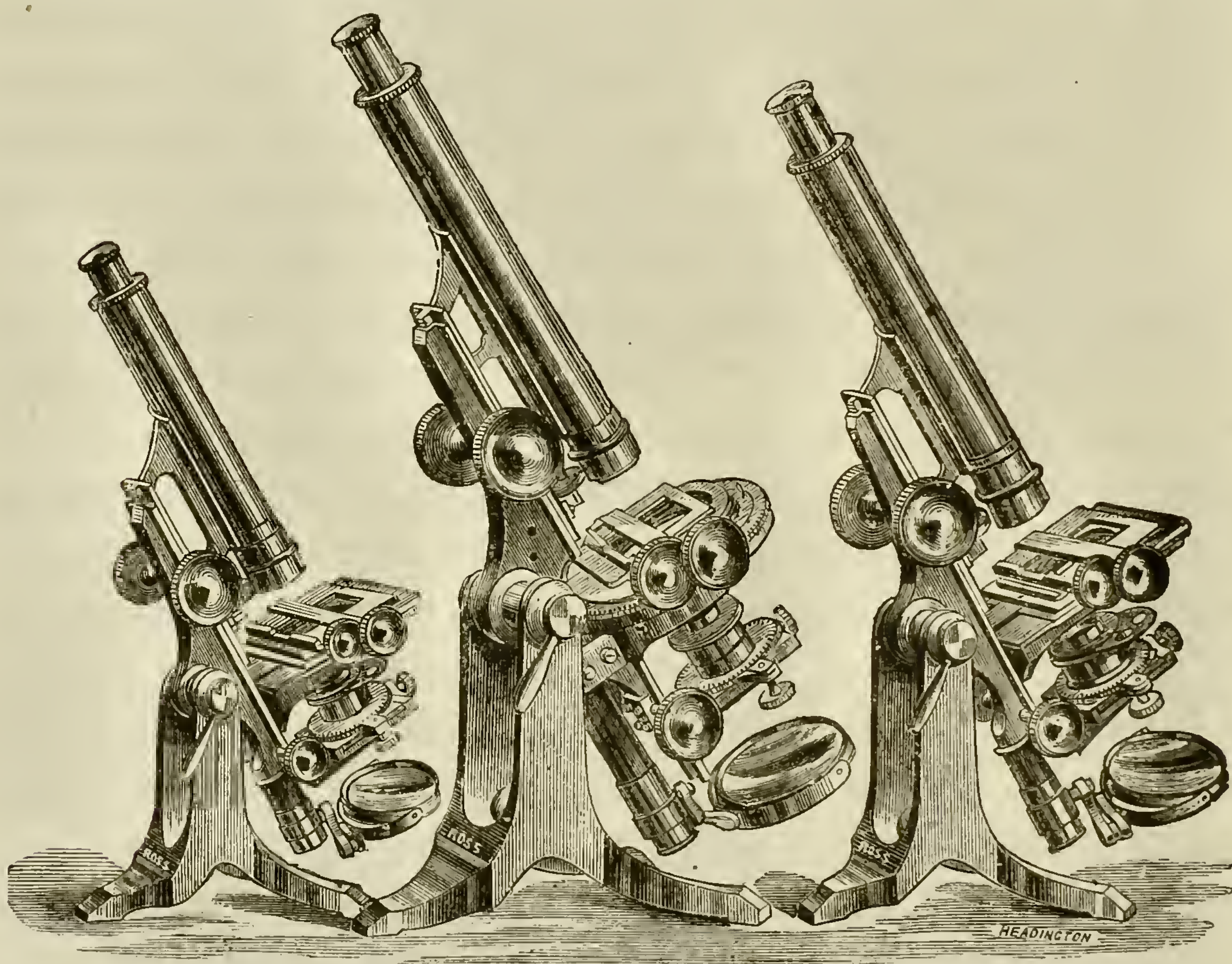
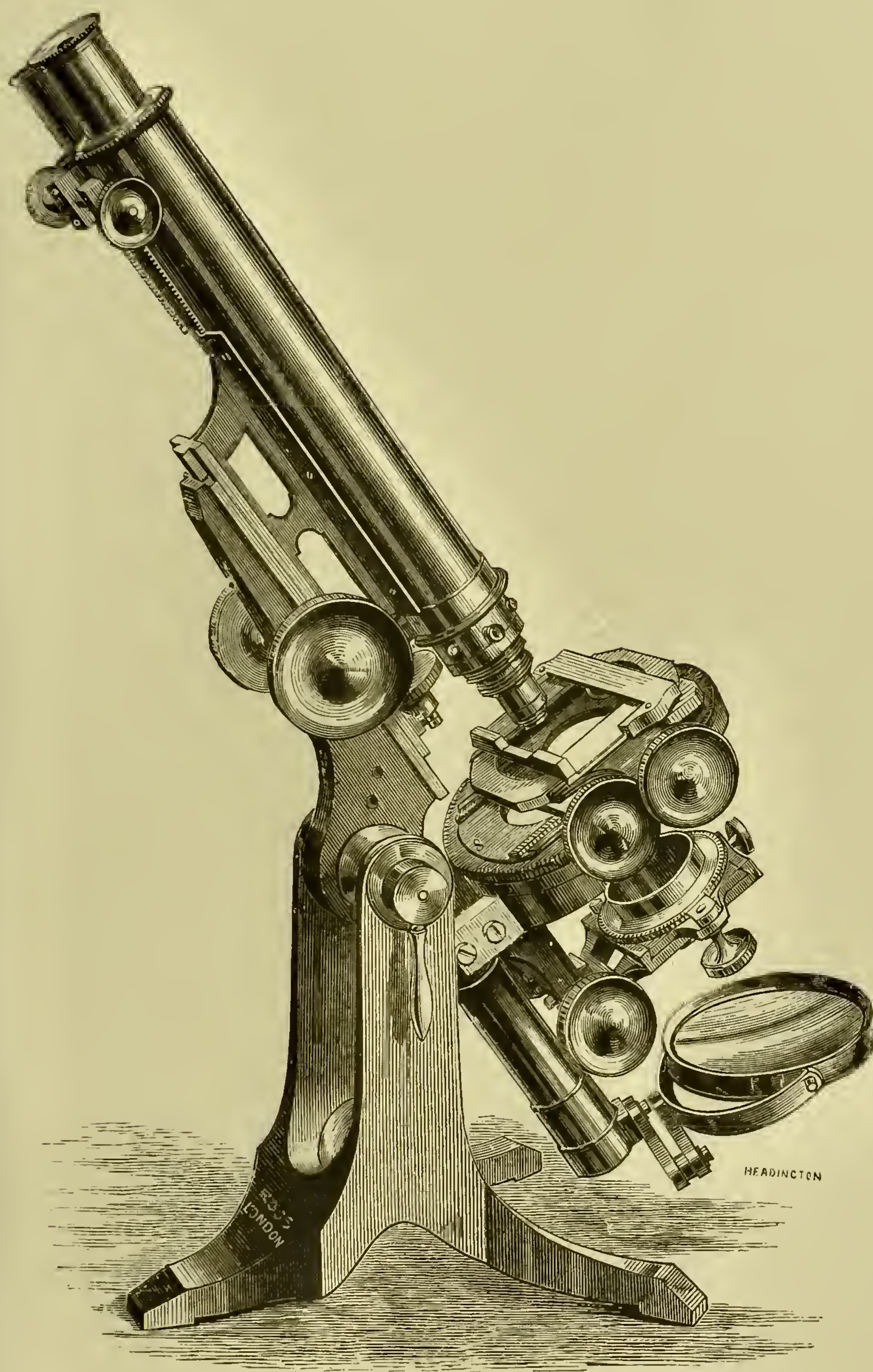


Fig. 32. — Microscopes monoculaires grand et moyen modèles *Jackson* (nos 1 A, 2 A, 3 A), de Th. Ross et Cie.

l'avantage de soutenir d'une manière très-efficace le long tube du microscope et de garantir sa rigidité. Le mouvement lent est placé à la partie inférieure de cette pièce au lieu d'être par-dessus. La main placée sur la platine peut ainsi, sans dérangement et par le seul allongement des différents doigts, manœuvrer la vis micrométrique et les deux vis des mouvements rectangulaires de la platine (Microscope binoculaire, grand modèle *Jackson*, de Th. Ross et Cie, planche II).



Microscope binoculaire, grand modèle Jackson, de Th. Ross et Cie.

D'ailleurs tout ce mécanisme se fait remarquer par son admirable précision et son extrême facilité de maniement ; tous ces instruments constituent de magnifiques pièces auxquelles on ne peut reprocher que leur prix élevé. Le mécanisme est, d'ailleurs, beaucoup moins compliqué dans les modèles de classe inférieure, qui restent néanmoins des microscopes de très-bonne construction. Les prix varient de 1,100 à 350 fr. pour les instruments binoculaires, et de 800 à 175 fr. pour les microscopes monoculaires, mais *nus*, sans objectifs ni accessoires autres qu'un oculaire.

La série des objectifs de MM. Th. Ross et C[ie] est nombreuse et se compose de vingt numéros depuis 4 pouces de foyer jusqu'à 1/25 de pouce, à correction depuis 1/2 pouce et qui, depuis 1/5 de pouce, peuvent être employés à sec ou à immersion en changeant la distance des lentilles à l'aide du collier.

Série Powell et Lealand. — Parmi les grandes maisons anglaises nous devons encore citer celle de MM. Powell et Lealand, l'une des plus célèbres de l'Europe pour la construction des objectifs. Nous lui connaissons cinq modèles principaux de microscopes qui ont, comme disposition, une grande analogie avec le modèle Ross. Ils sont tous portés sur un large et solide trépied qui leur donne une stabilité extrême. La tige, qui s'incline à volonté, se termine à sa partie supérieure par la vis du mouvement lent à tête divisée tournant devant un index. Le mouvement rapide est donné par une crémaillère. La platine, quoique très-solide, est mince, pour permettre un éclairage très-oblique par le miroir à bras articulé. Elle tourne autour de son axe à l'aide d'une crémaillère circulaire et d'un pignon placés par-dessous, et le chevalet mobile entre les lames duquel on pince le porte-objet est porté sur une pièce à double mouvement rectangulaire. Les tiges des deux vis qui commandent ces deux mouvements sont *l'une dans l'autre*, de sorte que les deux têtes tournent sur un même axe et l'on peut, sans déplacer les doigts, mouvoir la vis interne, ou la vis externe, ou toutes les deux à la fois. Les lames auxquelles se transmettent ces mouvements rectangulaires sont divisées en fractions de pouces, de sorte qu'en notant la position des divisions du système transversal et du système longitudinal, lorsqu'un objet déterminé est dans le champ du microscope, on

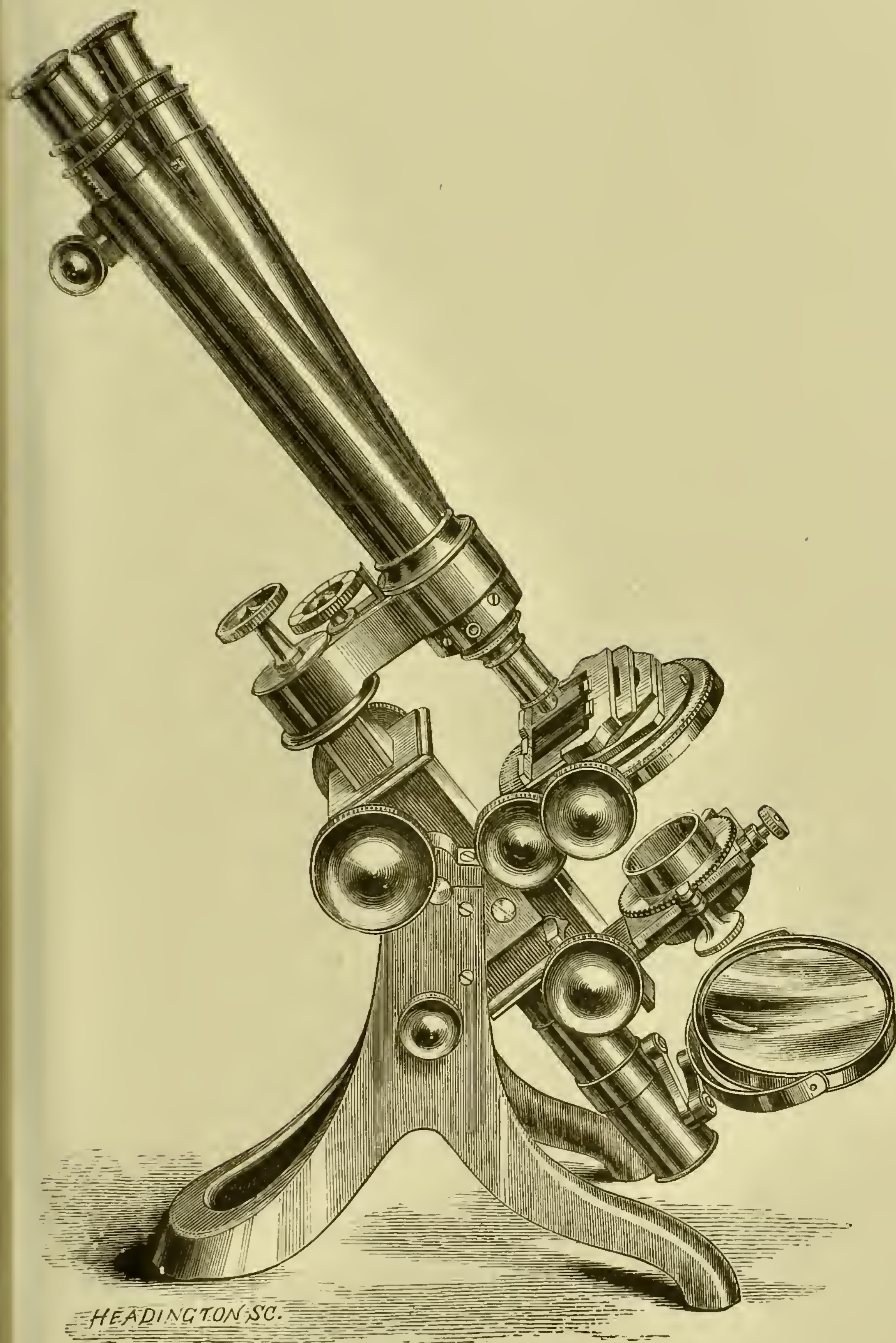
peut examiner toutes les parties de la préparation et retrouver l'objet en question en replaçant les divisions dans la position précédente à l'aide des vis. Le limbe est incrusté d'un cercle en argent, divisé aussi, pour servir de goniomètre. Le tube de tirage est pareillement gradué. La seconde platine est composée d'un cylindre à mouvements rotatoire et rectangulaires, pour placer les appareils d'éclairage ; on peut, à l'aide d'une crémaillère, l'éloigner ou la rapprocher de la première, ou l'enlever tout à fait.

Les modèles moyens ont une platine carrée, fixe, portant à sa face supérieure une pièce à mouvement rotatoire. Les prix de tous ces instruments, monoculaires, varient de 960 à 280 fr., nus, sans objectifs ou accessoires. L'appareil binoculaire coûte 200 fr. de plus, et 275 fr. s'il porte le perfectionnement inventé par MM. Powell et Lealand permettant de l'appliquer aux plus forts grossissements.

La collection des vingt objectifs, depuis 4 pouces de foyer jusqu'à 1/50 de pouce, est une des plus belles qui soient. La correction leur est appliquée depuis le 1/2 pouce et ils sont munis d'une lentille frontale supplémentaire lorsqu'on veut les employer a l'immersion. Les lentilles frontales sont serties dans la monture, tandis que dans la plupart des objectifs anglais elles ne sont que collées. Ces objectifs ont le plus souvent un angle d'ouverture très-considérable, un grand pouvoir de définition et de résolution, mais par suite une distance frontale excessivement petite, ce qui rend leur maniement très-délicat et limite à certaines recherches spéciales l'emploi des forts grossissements. L'objectif 1/50 de pouce (800 fr.) avec le dernier des cinq oculaires est coté comme donnant une amplification de 15,000 diamètres.

Série de J. Swift. — Ce sont des modèles analogues à ceux de Ross et de Powell et Lealand que construit M. James Swift dont les prix sont moins élevés.

Le grand modèle « *de présentation* » (planche III) repose sur un solide trépied d'une forme spéciale appartenant à M. Swift et qui donne à l'instrument une grande stabilité dans toutes les positions. Il porte un système spécial d'écrou pour fixer le corps dans toutes les inclinaisons. Le mouvement lent et le mouvement rapide s'exécutent comme dans les modèles précédents. La platine circu-



Microscope binoculaire, grand modèle de *présentation*, de J. Swift.

laire, mince pour permettre l'éclairage très-oblique, tourne sur une crémaillère et un pignon; elle est divisée sur un cercle d'argent pour servir de goniomètre, et les pièces des mouvements rectangulaires sont divisées aussi très-finement, non-seulement pour permettre de retrouver un objet dont on a noté les coordonnées, mais même pour mesurer la grandeur de l'image par le

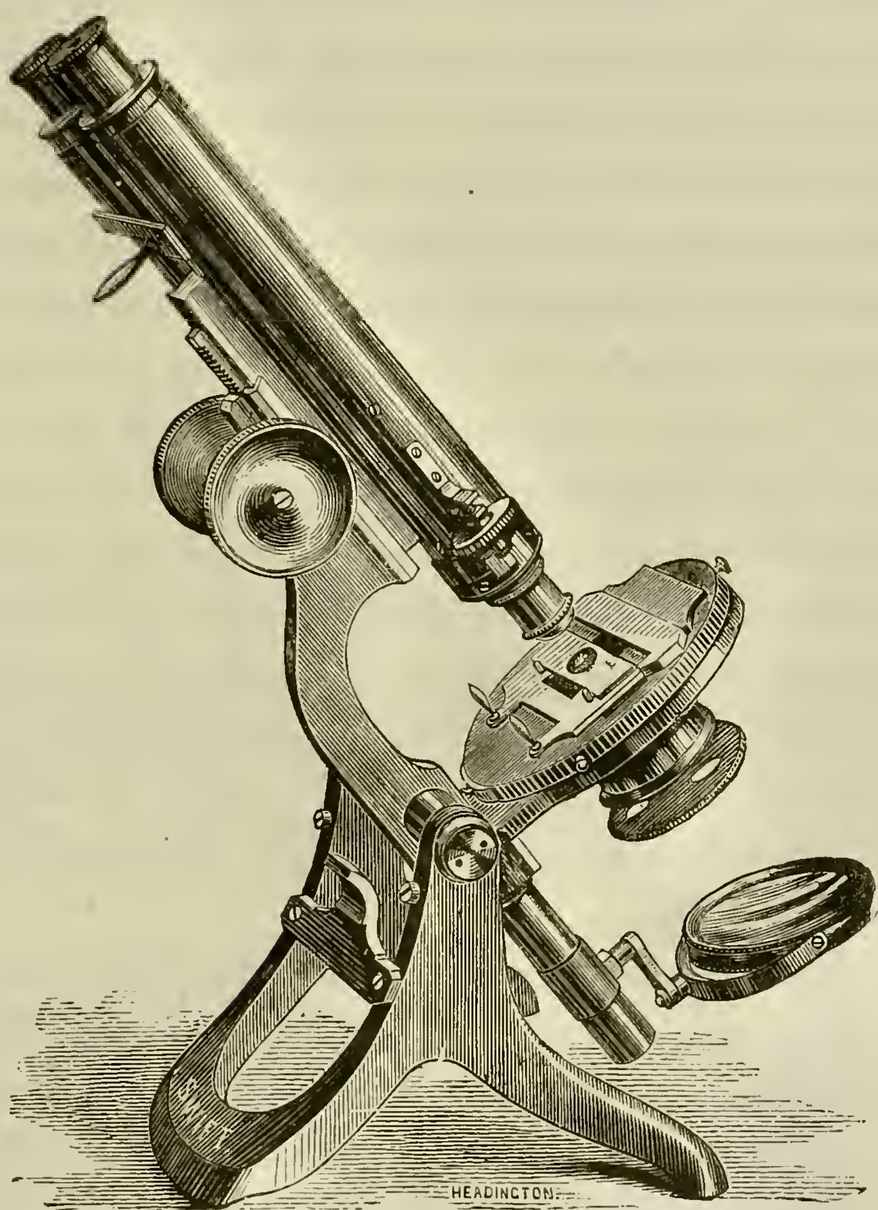


Fig. 33. — Microscope nouveau modèle *Jackson-Lister*, de J. Swift.

procédé de la double vue. La seconde platine est douée de mouvements verticaux rotatoire et rectangulaires par des crémaillères et des vis, et porte un diaphragme tournant percé d'ouvertures différentes. Ce superbe instrument coûte 750 fr. avec deux oculaires, et 950 avec tube binoculaire. Il comporte d'ailleurs un long tube de tirage, gradué (1).

(1) Ce microscope a obtenu la médaille d'or attribuée aux instruments d'optique à l'Exposition internationale des industries fluviales et maritimes de 1875, à Paris.

Parmi les nombreux modèles de ce constructeur, nous signalerons encore un instrument très-recommandable parce qu'aux qualités les plus sérieuses de construction il joint cet avantage de réunir sous un petit volume, d'une manière pratique et commode et dans un seul appareil, un grand nombre des accessoires utiles et indispensables. M. Swift le désigne sous le nom de « *nouveau modèle Jackson-Lister* » ou modèle à « *col-de-cygne* » en raison de la courbure de la tige qui porte le tube (fig. 33).

La platine est mince, circulaire, à rotation et possède un système de pièces pour mouvoir l'objet qui rappelle la platine mobile de Nachet. Un tube placé sous la platine, comme dans nos modèles, porte le diaphragme tournant et peut recevoir l'appareil polarisateur, l'éclairage à champ noir, le condensateur ou même des disques percés. Le miroir, plan-concave, est monté sur une double articulation. Le mouvement rapide est fourni par une crémaillère à double et large bouton moleté, et le mouvement lent, agissant sur le nez, est placé sur le côté droit du tube au-dessus de l'objectif, ce qui permet à la main droite occupée sur la platine de le mouvoir sans se déplacer. La tête de la vis est graduée pour permettre de mesurer l'épaisseur de l'objet et du couvre objet. Le tube est binoculaire et l'écartement des deux oculaires est réglé par un système particulier d'une grande simplicité.

Ce microscope avec deux oculaires, deux objectifs, une loupe sur pied pour l'éclairage des corps opaques et un appareil de polarisation, enfermé dans une boîte d'acajou à poignée, ne coûte que 375 fr.

Un autre grand modèle (dit *de la médaille d'or*) (1) binoculaire, à platine carrée portant tous les mouvements déjà décrits, quoiqu'elle n'ait que 17 millimètres d'épaisseur, à seconde platine mobile, tournante et munie de vis rectangulaires pour le centrage, avec deux oculaires garnis des écrans de Harley (2), deux objectifs, un prisme analyseur, une loupe sur pied, un condensateur achromatique qui à l'appareil d'éclairage ordinaire joint un éclairage sur champ noir, un diaphragme à contraction (*iris diaphragm*), des lames sen-

(1) Médaille d'or obtenue à l'Exposition internationale de 1870, à Londres.

(2) Ces écrans consistent en un rebord autour du verre de l'œil, rebord qui empêche toute lumière extérieure d'arriver à l'œil de l'observateur. Ce perfectionnement est assez disgracieux, mais il est excellent.

sibles et un prisme de Nicol, le tout logé dans une boîte d'acajou, coûte 600 fr. ou 475 fr. sans le condensateur achromatique.

M. Swift construit encore un grand nombre de modèles dont les prix sont relativement modérés et qui sont tous des instruments sérieux, commodes et pratiques. Quant à ses objectifs, ils ont le même caractère. A une première série composée de 17 objectifs à grand angle d'ouverture, de 4 pouces de foyer à 1/12 de pouce, avec correction à partir du 1/2 pouce, lentille additionnelle à immersion pour le 1/12 de pouce, il en joint une seconde de 8 ou 10 objectifs jusqu'à 1/8 de pouce, à angle plus faible, sans correction, et de prix beaucoup plus modestes, mais qui conviennent parfaitement pour les recherches anatomiques et histologiques ordinaires.

CHAPITRE VII

MICROSCOPES SPÉCIAUX

Microscopes de poche. — M. Nachet construit deux microscopes de poche dont le premier (fig. 34), mesurant 9 centimètres de haut sur 5 de large, est renfermé dans un étui en peau souple et se monte sur sa boîte, qui lui sert de pied. Pour le monter, il suffit de retirer le couvercle de la boîte, de le retourner et de le remettre en place dans cette position. Il présente alors un écrou dans lequel on fixe le corps de l'instrument. On met en place la platine dont l'ouverture se trouve juste au-dessous du tube et au-dessus du miroir qu'on fait mouvoir à l'aide d'un bouton placé en dehors de la boîte. L'oculaire est très-fort et s'accompagne ordinairement des objectifs n°s 1, 3 et 5.

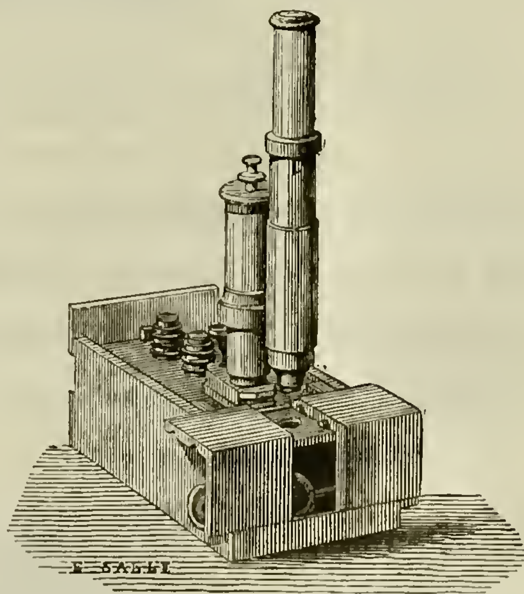


Fig. 34. — Microscope de poche, Nachet.

Ce petit instrument, dont le prix est de 200 fr., est très-commode pour les médecins qui peuvent avoir des observations à faire au lit

du malade et surtout pour les voyageurs. Il ne tient pas beaucoup plus de place dans la poche qu'un portefeuille et donne, malgré ses petites dimensions, de forts grossissements ; enfin son montage est très-rapide.

Le second modèle est un peu plus grand. La boîte a 14 centi-

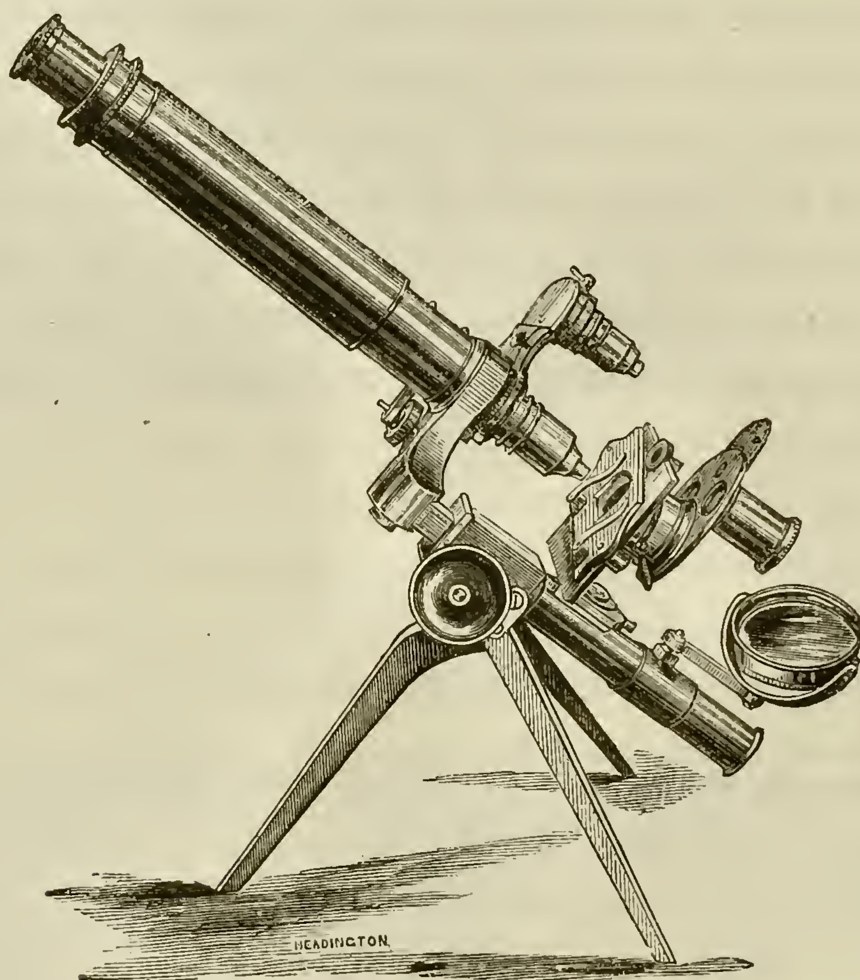


Fig. 35. — Microscope de poche, de J. Swift, monté avec deux objectifs sur revolver, condensateur et appareil de polarisation.

mètres de long et 8 de large. Il se monte aussi sur la boîte, ou plutôt sur une des parois de la boîte et peut s'incliner. Le miroir est articulé de manière à donner la lumière oblique. Il est muni d'un oculaire et des objectifs n°s 1, 3 et 5. Il est vendu 180 francs.

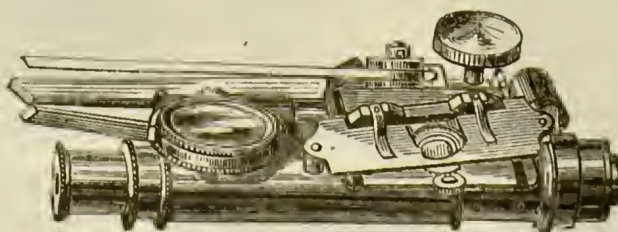


Fig. 36. — Le même, tout monté, mais plié (sans objectif).

Le microscope de poche de Chevalier est un peu plus grand que les précédents. La hauteur de l'instrument est de 15 centimètres ;

il est tout monté. Il comporte un oculaire avec trois objectifs n°s 3, 5 et 8 à immersion, et donne par conséquent à peu près les mêmes grossissements que ceux de M. Nachet. Son prix est de 200 fr.

M. J. Swift, de Londres, construit aussi des modèles de poche dont la disposition est des plus ingénieuses. Celui que représentent les figures 35 et 36 mesure, tout monté mais plié, 15 centimètres de longueur; son prix est de 250 francs.

Microscopes de dissection. — Lorsqu'on veut disséquer sous le microscope des tissus délicats ou des animaux trop petits pour qu'on puisse se servir de simples loupes, on se sert ordinairement de microscopes simples, mais ceux-ci sont incommodes lorsqu'on doit opérer avec un certain grossissement, parce qu'ils forcent à tenir l'œil très-près du doublet, dans une position gênante. Il faut alors employer des microscopes composés, mais ils renversent les images, ce qui, sous des amplifications de 30 à 40 diamètres, rend la dissection presque impossible.

C'est pour remédier à ces inconvénients que M. Nachet a construit le microscope à dissection connu sous le nom de microscope du professeur Robin, ce dernier lui en ayant suggéré l'idée.

Cet instrument renferme, au-dessus de l'objectif, un premier prisme que les rayons lumineux traversent en s'y réfractant et se réfléchissant verticalement dans l'axe du tube, de manière à redresser l'image dans un seul sens. Le second prisme fait partie de la lentille oculaire et sa face supérieure se trouve inclinée à environ 45°. L'image se trouve ainsi redressée et projetée en avant, ce qui dispense d'incliner la tête pour regarder dans le microscope.

L'objectif est composé de trois lentilles d'un faible grossissement qu'on peut employer séparément ou associer de manière à obtenir des amplifications de 6 à 60 diamètres. La lumière n'ayant à traverser, de plus que dans les microscopes ordinaires, que le premier prisme, est très-peu affaiblie; aussi on peut, pour les forts grossissements, ajouter à l'objectif une quatrième lentille qui fait fonction de condensateur.

La distance frontale varie de 5 centimètres à 1 centimètre, ce qui permet l'emploi des instruments de dissection. La platine peut d'ailleurs être remplacée par une large plaque de cuivre sur laquelle

on place les baquets dans lesquels on dissèque ou les plaques de liége. Une platine spéciale peut, du reste, y être adaptée.

M. Nachet construit aussi un autre microscope à dissection sur un modèle indiqué par M. le professeur Cosson et dont la large platine, supportée par trois pieds, peut recevoir un microscope simple et un microscope composé.

Mais ces instruments spéciaux peuvent être remplacés dans la plupart des cas par un microscope de modèle ordinaire auquel on adapte le prisme redresseur de Nachet, dont nous parlerons plus loin et qui redresse entièrement l'image.

Microscope de démonstration à main. — Cet instrument, construit aussi par M. Nachet, est disposé de manière à ce qu'on puisse le faire circuler de main en main parmi les assistants pendant les cours.

Il se compose d'un tube, qui porte l'oculaire et l'objectif, fixé à un manche et qu'on peut diriger contre une fenêtre ou contre une lampe ; cet éclairage est suffisant grâce au condensateur placé sous la platine.

La platine elle-même présente une disposition très-ingénieuse, c'est un cadre quadrilatéral, ouvert au milieu, sous lequel ou derrière lequel, et non plus dessus, on place la préparation qui y est appliquée par deux pinces à ressort garnies de caoutchouc. De cette manière, la préparation, quelle que soit l'épaisseur de la lame de verre sur laquelle elle est déposée, se trouve toujours au point, parce que la face supérieure de cette lame se trouve constamment appliquée contre la platine et par conséquent toujours à la même distance de l'objectif. On économise ainsi beaucoup de temps dans les cours.

L'instrument peut se poser sur une table, grâce à une fourche dont il est garni et qui forme trépied avec le manche. De plus, on peut le fixer momentanément sur un pied portant un miroir, à la manière des microscopes ordinaires, pour faire une recherche quelconque.

Microscope renversé pour les études chimiques. — Ch. Chevalier a construit autrefois, pour M. Dumas, un microscope destiné aux études chimiques. Cet instrument, ainsi que ceux que l'on fa-

brique aujourd'hui, était renversé, l'objectif situé au-dessous de la platine et regardant l'objet par-dessous.

Le microscope chimique de M. Nachet (fig. 37) se compose d'un tube porte-objectif vertical fixé sur une boîte contenant un prisme qui réfléchit les rayons venant de l'objet dans l'axe d'un tube porte-oculaire dont la position est des plus commodes. L'objectif peut être rapproché autant qu'on le désire de la préparation placée au-dessus de lui sur la platine.

L'éclairage est donné par en haut, et un diaphragme à tube permet de le modifier comme dans le microscope ordinaire.

Un mouvement spécial permet de reculer le corps du microscope

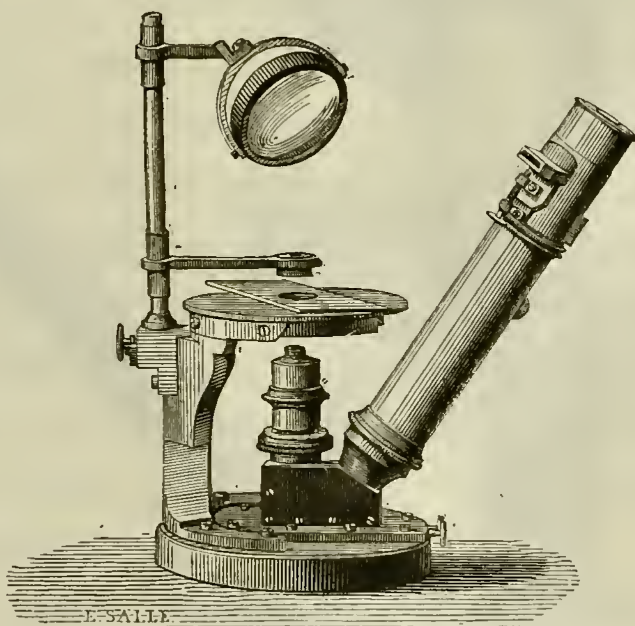


Fig. 37. — Microscope chimique de Nachet.

ou de rejeter le tube porte-objectif de côté, soit pour chauffer la préparation, soit pour changer les objectifs. La platine est dorée pour résister à l'action des réactifs, et l'on peut lui adapter une plaque longue pour chauffer la préparation de loin avec une lampe à alcool.

L'instrument comporte un goniomètre pour mesurer les angles des cristaux.

Cette disposition est indispensable aux recherches chimiques, car le dégagement des vapeurs produites par les réactions rend impossible l'emploi des microscopes ordinaires dont les objectifs et les cuivres sont bientôt hors de service, en raison même de leur position au-dessus de la platine.

Microscopes avec chambre humide, chambre à gaz ou à température variable. — Cet instrument construit par M. Nachet est destiné à des recherches spéciales pour lesquelles il est impossible de le remplacer par aucun autre. Quand il s'agit par exemple d'étudier les éléments anatomiques dans des milieux gazeux divers, ou à des températures différentes, le développement de certains organismes animaux ou végétaux, Ferments, Micrococcus, Infusoires, Sporospermies, Zoospores, dans une atmosphère humide, dans des gaz différents, sous des pressions particulières, dans des liquides à des

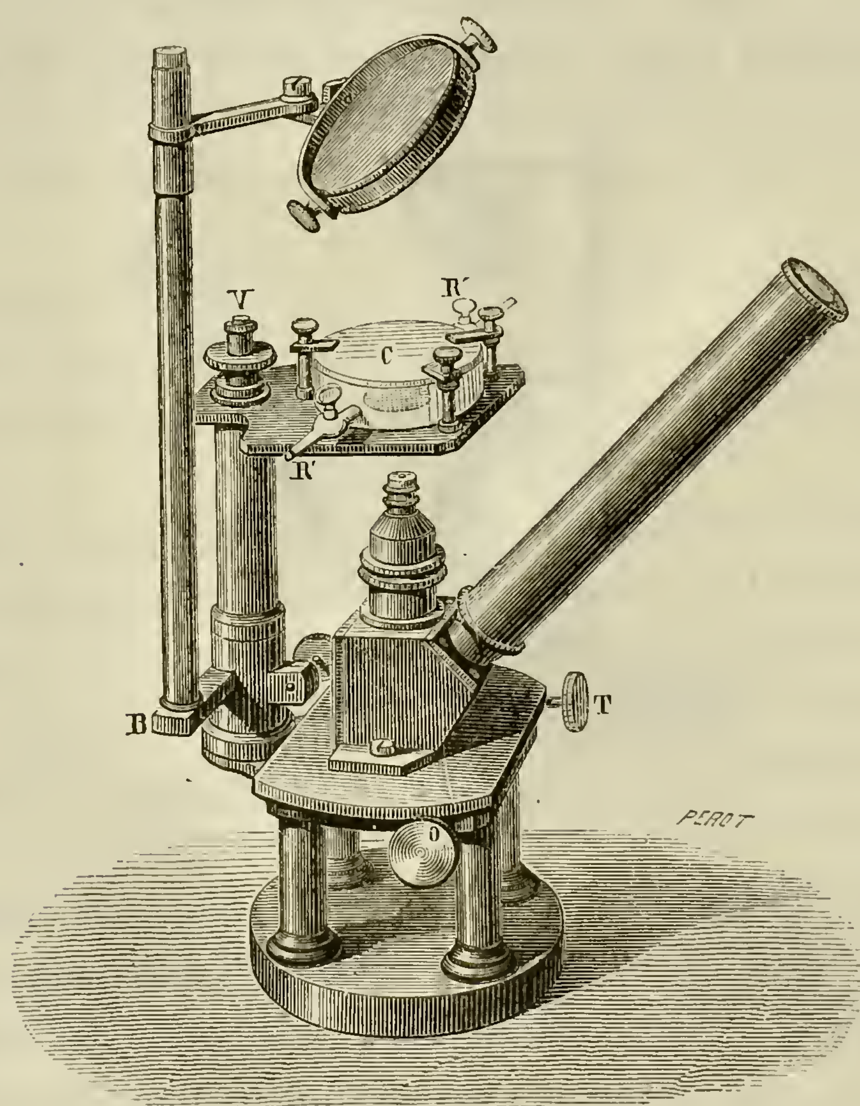


Fig. 38. — Microscope renversé, de Nachet, pour l'étude dans les milieux gazeux.

températures données, il faut avoir recours au microscope renversé de Nachet (fig. 38).

Ce microscope est renversé comme le microscope chimique. La mise au point se fait par le tube porte-objectif, sauf que la vis micrométrique V du mouvement lent agit sur la platine.

La platine elle-même porte une petite cuve circulaire C, en verre,

dont le fond, percé d'un trou, est garni d'un verre mince luté au baume du Canada. Si ce verre mince vient à être brisé, on le remplace facilement. C'est dans cette petite cuve et sur le verre mince qu'est déposé l'objet à étudier. On la recouvre avec un disque de verre parfaitement plan dont on enduit les bords de glycérine ou d'un autre liquide agglutinatif, ce qui forme une fermeture hermétique.

La cuve est maintenue en place ainsi que son couvercle par trois petites colonnes munies d'une languette faisant pression à l'aide d'une vis. Elle est percée de deux ouvertures latérales et opposées, garnies de robinets R,R'. C'est par ces deux tubulures qu'on peut faire passer, sur l'objet, un courant de gaz ou d'eau à une température donnée, créer une atmosphère sous une pression déterminée. En un mot, on peut étudier l'objet dans un milieu quelconque. En plaçant dans la cuve ou cellule, une petite éponge ou du papier brouillard imbibé d'eau, on crée une atmosphère humide dans laquelle on peut étudier et conserver très-longtemps les éléments ou les corpuscules qu'on ne pourrait examiner dans les conditions ordinaires, à cause de leur prompte dessiccation. Ce procédé permet donc de suivre le développement de certains organismes dans toutes ses phases successives.

La cellule ayant dû être fixée sur la platine, on ne peut pas la déplacer pour rechercher l'objet au-dessus de la lentille, c'est donc le corps et l'objectif qui, par une disposition nouvelle, se déplacent sur le pied à quatre colonnes qui supporte l'instrument, à l'aide de de deux vis O et T perpendiculaires l'une à l'autre.

Par ce procédé, une fois l'objet fixé dans la cuve et celle-ci établie sur la platine, on peut mettre le microscope au point, chercher l'objet, ou ses différentes parties, changer les objectifs (que l'on peut employer très-forts) sans avoir à se préoccuper de la cellule qui peut être reliée par des tubes en caoutchouc à un appareil quelconque producteur de gaz ou de vapeurs. De plus un appareil à température constante et automatiquement fixe est joint à cet instrument.

Microscopes binoculaires. — M. Nachet construit aussi des microscopes spécialement binoculaires donnant les effets stéréosco-

piques et pseudoscopiques. Ces instruments sont de deux modèles. Le grand modèle qui représente absolument les microscopes binoculaires anglais est monté à inclinaison sur deux colonnes, avec miroir articulé, mouvement rapide par une crémaillère, mouvement lent par une vis micrométrique, diaphragme à tubes, etc. La platine est mobile, mais non tournante. Il est accompagné des objectifs n°s 0, 1 et 3 et d'une loupe pour les corps opaques. Le prix de l'instrument complet est de 500 francs.

Le petit modèle est inclinant aussi, et donne les mêmes effets.

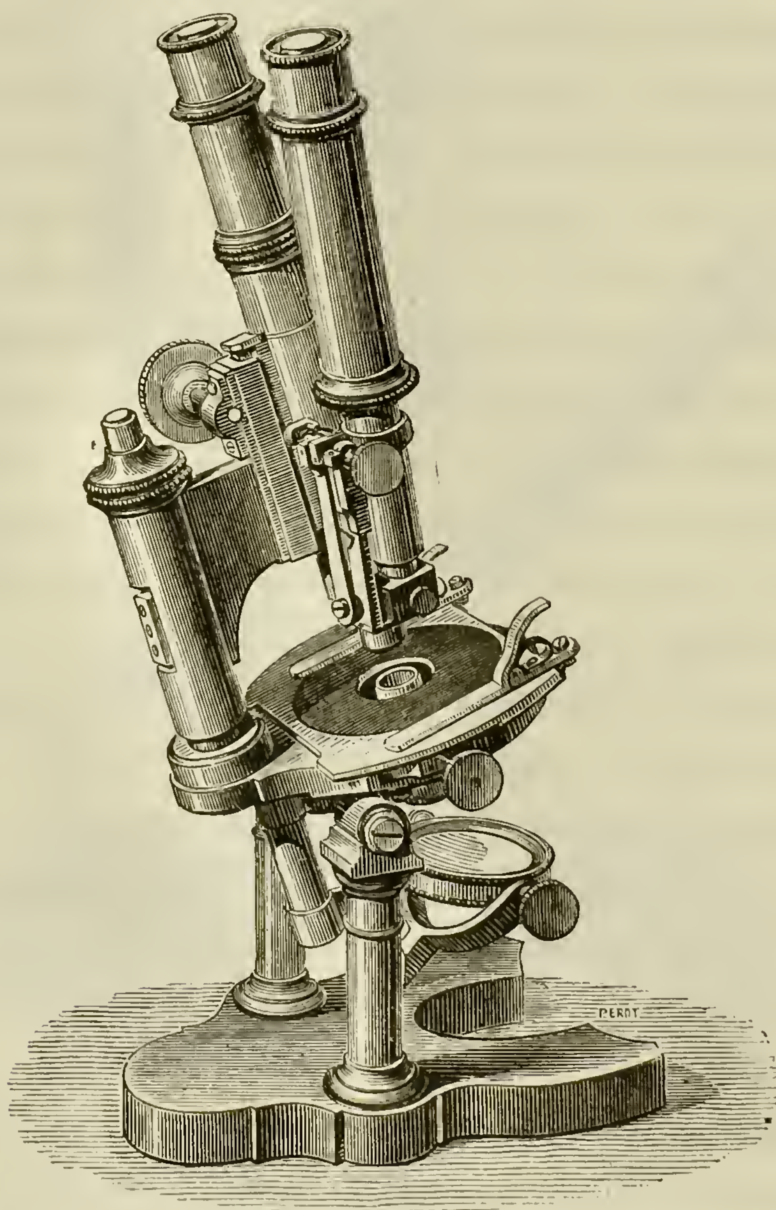


Fig. 39. — Microscope grand modèle binoculaire Nachet.

Il est muni des mêmes objectifs et de la loupe pour éclairer les corps opaques. Son prix n'est que de 350 francs.

D'ailleurs, l'appareil binoculaire (fig. 16) peut se placer à volonté sur tous les microscopes. Nous avons dit qu'il accompagne le grand

modèle n°1 de Nachet. Le prix de l'appareil seul est de 175 fr.

Microscopes à plusieurs corps. — Le microscope à deux corps est celui dont la construction amena M. Nachet à la combinaison du microscope binoculaire. Il est destiné à permettre à deux personnes d'observer en même temps la même préparation.

La séparation de l'image est faite par le prisme équilatéral dont nous avons parlé, page 63, et les prismes latéraux ayant leurs arêtes perpendiculaires au prisme séparateur redressent l'image en réfléchissant les rayons dans deux tubes porte-oculaires inclinés à environ 30° pour permettre à deux personnes placées l'une à côté de l'autre d'observer sans se gêner mutuellement. La mise au point se fait par la crémaillère et la vis, mais comme la vue des deux observateurs peut n'être pas la même, chacun corrige par l'oculaire la petite différence résultant de sa vue propre, en faisant varier, par un mécanisme très-simple, la distance entre l'objectif et l'oculaire par lequel il regarde. La différence de grossissement est insignifiante, car il ne s'agit ici que d'une correction portant sur une quantité très-faible.

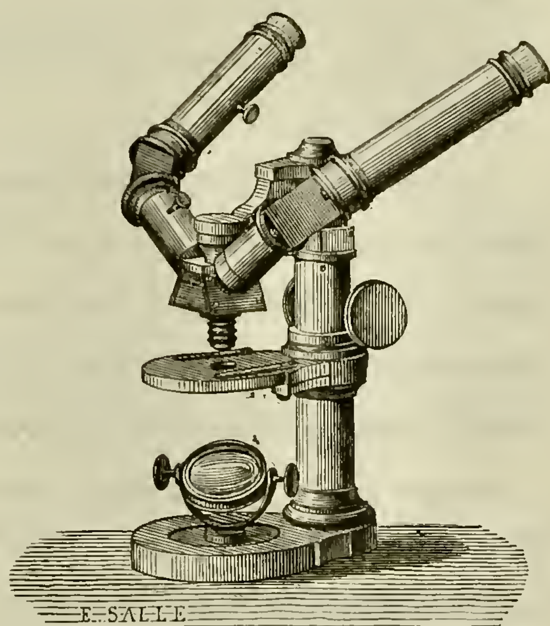


Fig. 40. — Microscope redresseur à deux corps, de Nachet.

Un modèle à trois corps, très-connu et très-commode pour la démonstration, est construit d'après les mêmes données. La séparation est opérée par un tetraèdre creux en verre. Dans le modèle à quatre corps, moins commode, parce que les observateurs nécessairement placés de trois côtés seulement de la platine pour laisser, par le quatrième, accès à l'éclairage, sont un peu trop rapprochés les uns des autres. La séparation des rayons est opérée par une pyramide quadrangulaire.

Enfin, M. Nachet construit des doubles corps, composés d'un tube droit et d'un oblique, que l'on peut appliquer sur tous les microscopes pour les transformer à volonté en microscopes à deux corps. La séparation est faite par un prisme dont l'arête coupe le

champ en deux moitiés. Par la moitié libre, les rayons se dirigent dans le corps droit et les rayons venant de la moitié recouverte par le prisme se réfléchissent dans le corps oblique.

CHAPITRE VIII

APPAREILS ACCESSOIRES

Après avoir décrit rapidement les principales pièces qui composent le microscope et qui font ordinairement corps avec l'instrument, il nous reste à indiquer divers appareils accessoires utiles aux observations, appareils qui peuvent être assez nombreux, mais dont il nous suffira de signaler les principaux.

Loupe pour l'éclairage des corps opaques. — On a souvent à étudier des objets complétement opaques et qu'il est, par conséquent, impossible d'éclairer par transparence à l'aide de la lumière réfléchie sur le miroir. On est alors forcé d'éclairer l'objet par-dessus à l'aide d'une lentille plan-convexe qu'on dirige de manière à concentrer sur lui les rayons lumineux.

Pour cela, les grands microscopes sont toujours accompagnés d'une *loupe à lumière* montée sur un support soit à tirage, soit à articulation, et fixée sur un pied lourd qui lui donne de la stabilité.

On place cette loupe près du microscope, soit en avant, soit sur le côté ; puis, grâce aux articulations du support, on dirige la lentille de telle sorte qu'elle concentre les rayons lumineux sur l'objet opaque. Si l'on se sert des rayons solaires, ce qui est souvent nécessaire pour ce genre d'observation, on prend soin toutefois que l'objet ne se trouve pas exactement situé au foyer de la lentille, s'il est de nature à être altéré par la chaleur intense qui se dégage à ce foyer, mais un peu au delà. On tourne la lentille plan-convexe de la loupe de manière à ce que sa face plane soit du côté de l'objet et sa face concave du côté de la source de lumière, afin d'avoir le meilleur éclairage.

Dans les microscopes de petit modèle la loupe, pour éclairer le corps opaque, s'adapte soit à un angle de la platine, soit au corps du microscope (L, fig. 5).

La distance frontale excessivement courte des objectifs forts constitue un obstacle considérable à l'éclairage direct des corps opaques par le procédé que nous venons d'indiquer. On comprend, en effet, que la lentille frontale de l'objectif ne se trouvant, dans ce cas, qu'à une fraction de millimètre de l'objet, il devient impossible de faire tomber sur la préparation un faisceau de lumière capable de l'éclairer par-dessus. C'est pour parer à cet inconvénient que l'on fait usage du *miroir de Lieberkühn*.

Miroir de Lieberkühn. — Dès 1668, Leeuwenhoeck employait, pour éclairer les objets sur la platine, un miroir ou réflecteur concave en cuivre poli, placé au-dessus de l'objet, et que l'objectif traversait en son milieu, de manière que le foyer du miroir coïncidait avec celui de l'objectif.

En 1740, Lieberkühn, dont ce miroir a gardé le nom, employait un réflecteur semblable en argent poli. Ces instruments avaient l'inconvénient de s'oxyder très-rapidement, aussi fabrique-t-on maintenant les miroirs de Leeuwenhoeck ou de Lieberkühn, en verre argenté. Ils s'adaptent autour de l'objectif et recouvrent la platine comme une sorte de dôme dont la surface interne est réfléchissante.

Pour en obtenir tout l'effet, il faut enlever le diaphragme mobile de manière à donner à l'ouverture de la platine le plus grand diamètre possible. Par-dessous, le miroir plan est disposé de manière à envoyer un large faisceau de lumière à travers cette ouverture, au milieu de laquelle est placé, sur une lame de verre, l'objet opaque. Tous les rayons qui passent autour de lui vont frapper la surface concave du miroir de Lieberkühn et se réfléchissent au foyer de ce miroir, c'est-à-dire précisément au point où est place l'objet qui reçoit ainsi sur sa surface supérieure un éclairage très-vif.

Si l'objet opaque présente des parties très-brillantes, comme les élytres d'insectes ou autres préparations sèches, la lumière réfléchie produit souvent des miroitements gênants pour l'œil de l'observateur. Il faut alors modifier l'éclairage, soit en couvrant le miroir réflecteur du microscope avec un disque de verre dépoli, de por-

celaine non vernie, de papier blanc ou de verre bleu, soit encore en rapprochant ou en éloignant le miroir du dessous de la platine, ou en faisant varier la distance de la source de lumière, si l'on emploie une lumière artificielle, ce qui est en général le plus commode pour ces observations.

Ch. Chevalier a construit des miroirs de Lieberkühn à très-court foyer et qu'on peut employer, par conséquent, avec des grossissements déjà considérables, par exemple jusqu'à 350 diamètres. En Angleterre, où cet instrument est très-employé, on construit des objectifs 1/4 de pouce de foyer dont la distance frontale est assez grande ponr permettre l'usage du miroir de Lieberkühn. Tels sont ceux de MM. Beck, Powell et Lealand, Swift, etc. Le miroir de Lieberkühn peut s'adapter sur le microscope simple.

On peut le remplacer par le *réflecteur de Beck*, miroir en forme de demi-cône ou de paraboloïde creux, ouvert du côté de la lumière et qui réfléchit celle-ci sur l'objet placé au centre de la platine.

Le miroir de Lieberkühn et le réflecteur de Beck sont d'excellents appareils qui seuls permettent l'éclairage des corps opaques sous des grossissements assez considérables, aussi méritent-ils d'être plus souvent employés qu'ils ne le sont en France, et le lecteur se rendra compte du parti qu'on en peut tirer en examinant la planche IV, qui représente une Diatomée microscopique vue et dessinée par M. R. Beck avec un objectif de 1/4 de pouce muni d'un miroir de Lieberkühn.

Paraboloïde de Wenham. — En Angleterre, où les effets d'éclairage sur champ noir sont très-recherchés par les amateurs de microscopes, et avec beaucoup de raison d'ailleurs, car ils sont, en général, extrêmement remarquables, surtout avec le binoculaire, on a inventé un très-grand nombre d'appareils qui permettent d'éclairer les objets transparents ou opaques sur un champ noir; tels sont le *reflex-illuminateur* de Wenham, et surtout le *paraboloïde* du même auteur. Ce dernier est un excellent instrument, mais dont l'emploi est limité à de faibles grossissements, 4/10 de pouce au plus, à condition que l'angle d'ouverture des objectifs soit assez faible.

Ce paraboloïde est un cylindre métallique qu'on introduit dans

le tube du diaphragme ou dans la seconde platine du microscope anglais. Sa partie supérieure se termine par un bloc de verre formant un paraboloïde. On dispose le miroir *plan* sous cet appareil, de manière à ce qu'il envoie un faisceau de rayons suivant l'axe du cylindre. Tous ces rayons sont parallèles et vont subir, sur la face interne du paraboloïde de verre, une réflexion totale qui, en raison même des propriétés connues de la parabole, les concentre en un point unique, le foyer de ladite parabole. Or, c'est précisément à ce foyer qu'est placé l'objet à éclairer, et, pour cela, le sommet de la parabole est tronqué et c'est sur ce sommet qu'est placé le porte-objet, qui, naturellement, doit être transparent, à une distance qu'on règle de manière à faire tomber le foyer du paraboloïde sur

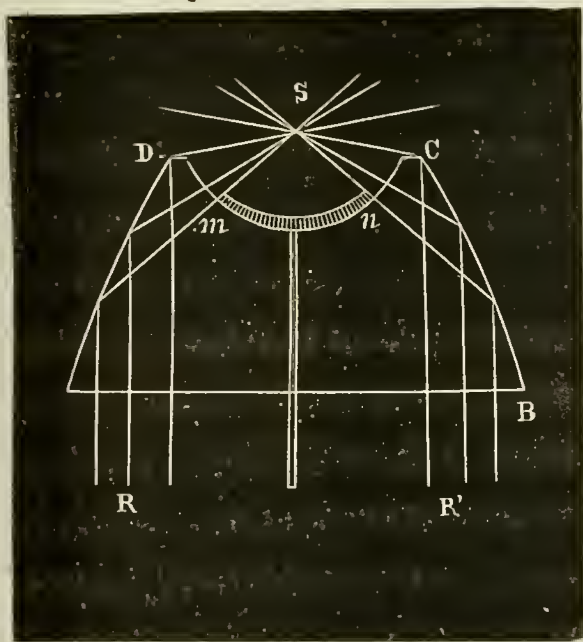


Fig. 41. — Paraboloïde de Wenham.

l'objet. Les rayons qui sortent du paraboloïde ne subissent pas dans l'air de réfraction qui changerait leur direction, parce que la troncature du sommet est faite suivant une surface courbe telle qu'ils en sortent normalement et ne se réfractent pas. L'examen de la figure 41 suffit pour expliquer l'appareil. La partie centrale du sommet est occupée par un disque de métal noirci *mn* qu'on peut élever à l'aide d'une tige traversant tout le système et qui sert à modifier la quantité des rayons qui viennent frapper, en S, l'objet ainsi éclairé sur un fond noir. Les effets du paraboloïde de Wenham avec le microscope binoculaire sont magiques.

M. Nachet a construit un éclairage sur champ noir à l'aide d'un cône de verre qui produit des effets analogues.

Condensateur direct. — Avec les forts grossissements, l'absorption de la lumière par les lentilles est considérable, de sorte que l'image est de plus en plus sombre à mesure que les objectifs sont plus puissants, quand on examine les objets par transparence. On remédie à cet inconvénient en concentrant la lumière réfléchie par e miroir de manière à ce que le foyer de ce miroir se forme un peu au-dessus de la surface de la platine, très-près de l'objet lui-même qui, sous de forts grossissements et s'il est très-mince, se borde de franges colorées dues à des effets de diffraction et de dispersion.

Pour détruire ces franges colorées, il faut faire tomber le foyer du miroir exactement sur l'objet ou se servir d'un condensateur, instrument dont l'effet est de concentrer sur la face supérieure du porte-objet un puissant faisceau lumineux.

On connaît plusieurs instruments de ce genre dus à Wollaston, à Amici, à Dujardin, à Kingsley, à Ross, Beck, Swift, Webster, etc.

Le *condensateur de Dujardin* consiste en un tube qu'on introduit dans le porte-diaphragme sous la platine. Il contient trois lentilles achromatiques destinées à concentrer les rayons réfléchis par le miroir en un foyer situé à 2 millimètres au-dessus de la platine, cette distance étant considérée comme l'épaisseur ordinaire de la lame de verre *porte-objet* sur laquelle est déposée la préparation à examiner, laquelle se trouve ainsi exactement au foyer du système condensateur.

On peut, en effet, se servir du miroir du microscope pour réfléchir la lumière sur la lentille inférieure du condensateur, néanmoins Dujardin se servait d'un prisme disposé de manière à recevoir la lumière aussi horizontalement que possible ou, au moins, sous un angle de 70° à 75°, afin d'obtenir, sur une des faces intérieures du prisme, le phénomène de la *réflexion totale*. De cette manière la réflexion est plus complète que sur le miroir étamé et n'est pas double. Cependant, on peut à défaut de prisme se servir du miroir.

Le faisceau de lumière réfléchi dans l'axe du condensateur traverse, en se concentrant, les trois lentilles dont la nature et la dis-

position détruisent autant que possible les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité. Un diaphragme placé dans l'intérieur du condensateur, entre la première et la seconde lentille, ne laisse passer que les rayons centraux, et arrête les rayons réfléchis sur les parois du tube. L'objet apparaît ainsi fortement éclairé et avec une grande netteté sur les bords.

Avec cet appareil, dont la distance focale est de 2 millimètres, on ne peut naturellement employer des lames porte-objet d'une épaisseur plus considérable, mais on peut les employer plus minces en enfonçant un peu plus, de haut en bas, le condensateur dans le tube du diaphragme.

On peut se servir de l'appareil de Dujardin pour concentrer la lumière des lampes, mais on comprend que, le point lumineux se rapprochant, le foyer de l'instrument s'éloigne et ne se trouve plus à 2 millimètres de la lentille frontale. Il faut donc le rapprocher de la platine en enfonçant le condensateur, de bas en haut, dans le tube du diaphragme, d'une quantité suffisante pour amener le foyer sur le porte-objet; ou bien, ce qui vaut mieux, on rend parallèles les rayons de la lampe en plaçant la flamme au foyer principal d'une loupe à lumière.

Condensateur oblique. — On a souvent besoin de projeter sur l'objet un faisceau de lumière oblique et faisant par exemple avec la verticale un angle de 30°, inclinaison qui donne le maximum d'effet optique. Lorsque le microscope est muni, comme le sont les instruments d'une certaine valeur, d'un miroir articulé, on peut toujours obtenir cet effet, et surtout si le microscope peut s'incliner. Dans le cas contraire, et même lorsqu'on possède un miroir articulé, on peut avoir recours au condensateur oblique.

Cet instrument, tel que l'a imaginé M. Nachet, se compose d'un prisme oblique logé dans un tube qu'on introduit aussi à la place du diaphragme du microscope. Ce prisme est taillé de telle sorte que sa face inférieure, sur laquelle est collée une lentille plan-convexe, reçoit normalement les rayons réfléchis par le miroir. Ceux-ci se concentrent dans le prisme par l'effet de la lentille d'entrée et vont se réfléchir sur une des faces intérieures du prisme qui est oblique, comme nous l'avons dit. Tout en se concentrant encore, ils subis-

sent une seconde réflexion sur la face opposée du prisme et sortent enfin de celui-ci par une troncature recouverte aussi d'une lentille plan-convexe. Celle-ci réunit les rayons qui émergent et viennent frapper le porte-objet, où se forme leur foyer, en faisant avec la verticale un angle de 30°.

Ce petit instrument est très-commode et d'un bon usage.

On peut obtenir aussi la lumière oblique à l'aide du prisme biconvexe d'Euler tel que l'ont construit Vincent et Charles Chevalier. Ce prisme, qu'on appelle aujourd'hui *prisme d'Amici*, a l'une de ses faces plane et les deux autres convexes. On supprime le miroir, et l'on dispose le prisme, qui est monté sur un pied, devant le microscope, de manière à ce qu'il reçoive la lumière sur une de ses faces convexes. Les rayons qui la traversent parallèlement vont éprouver une réflexion totale sur la face intérieure plane et sortent par la seconde face convexe en se concentrant. On rapproche ou l'on éloigne le prisme de manière à ce que le foyer ainsi obtenu tombe sur l'objet qui se trouve ainsi éclairé obliquement.

Condensateurs achromatiques de Beck, Ross, Swift, etc. — Les opticiens anglais ont donné, avec raison, une beaucoup plus grande importance que les nôtres à la construction des condensateurs, et sont parvenus à produire des instruments avec lesquels on arrive à la résolution des tests les plus difficiles, mais dont le prix est assez élevé.

Le *condensateur de R. et J. Beck* se compose d'un système de lentilles achromatiques réalisant en somme un objectif à court foyer et à grand angle d'ouverture, lequel se trouve placé sous l'objet. L'angle d'ouverture est de 105°, mais, en changeant la lentille frontale, cet angle peut être porté à 160°. Avec un tel système, les stries des Diatomées peuvent être étudiées sous des grossissements très-modérés. De plus, au-dessous des lentilles est placé un disque ou diaphragme percé de trous de différents diamètres qui font, en employant des trous de plus en plus petits, diminuer l'angle d'ouverture du faisceau éclairant en même temps que l'intensité de l'éclairage. Le diaphragme porte sept trous ainsi gradués, puis trois ouvertures circulaires dont le centre est obturé par une rondelle opaque de plus en plus grande et qui ne laissent passer qu'une zone

marginale de plus en plus étroite, ce qui réalise un éclairage de plus en plus oblique. Enfin, deux autres ouvertures n'admettent que des pinceaux passant par une partie seulement de la zone marginale.

Avec ce condensateur on réalise donc des effets d'éclairage oblique, en même temps qu'on peut concentrer sur l'objet un très-large cône de rayons lumineux (160° d'ouverture) et avec des objectifs dont l'angle est aussi très-ouvert, on conçoit qu'on obtient des effets très-remarquables et, par exemple, la résolution des Diatomées, avec des objectifs de 1/4, 1/5, 1/8 de pouce (Beck, Powell et Lealand), et un éclairage très-net avec les énormes grossissements des objectifs de 1/40 et 1/50 de pouce (1) dont l'usage, surtout avec des oculaires forts, est à peu près impossible sans condensateur.

On règle le foyer de ce condensateur, foyer qui est très-court, et on éclaire l'appareil avec le miroir-plan ou mieux avec un prisme rectangulaire qu'on substitue au miroir et qui réfléchit les rayons totalement et sans dispersion sur les deux surfaces. On a soin de le centrer exactement à l'aide de deux vis placées à angle droit sur sa circonférence.

Le *condensateur achromatique de Ross* est construit sur les mêmes principes. Son foyer est plus long et il représente un objectif de 2/5 de pouce de foyer. Son angle d'ouverture est de 110° et il porte deux disques tournant l'un au-dessus de l'autre ; le premier est percé de huit trous de plus en plus petits qui font décroître l'angle d'ouverture de 110° à 20° ; le second porte trois trous circulaires obturés au centre pour ne laisser passer que les rayons d'une zone marginale plus ou moins étroite, et des trous latéraux qui n'admettent que des pinceaux provenant d'une partie plus ou moins grande de cette zone. La tranche de ces disques porte des chiffres qui indiquent la valeur de l'angle du cône lumineux admis par chaque trou du diaphragme quand on l'a fait arriver dans l'axe du condensateur, et des lettres qui font connaître la

(1) L'objectif 1/40 de pouce de Beck avec l'ocul. 5 est coté comme donnant un grossissement de 9,900 diamètres avec un microscope de 25 centimètres de hauteur. L'objectif 1/50 de pouce Pow. et Lealand fournit une amplification de 15,000 diamètres.

nature de l'écran (disque inférieur) qu'on a amené au-dessous du diaphragme pour rendre l'éclairage central, oblique ou marginal.

L'excellent *condensateur achromatique de Powell et Lealand* a un foyer très-court et un angle d'ouverture de 170°.

Le *condensateur de Webster* est construit par M. Collins (de Londres) sur le plan d'un oculaire et muni d'un *contracting-diaphragm* dont l'ouverture se resserre par un jeu de lamelles, ce qui permet de diminuer autant qu'on le veut l'angle du cône admis dans le condensateur ; le disque situé au-dessous ne porte que des écrans de différentes formes pour produire l'éclairage oblique, marginal, etc.

Le *condensateur achromatique de J. Swift* est un instrument qui remplace à lui tout seul la seconde platine des instruments anglais et mérite une description détaillée. A (fig. 42) représente le

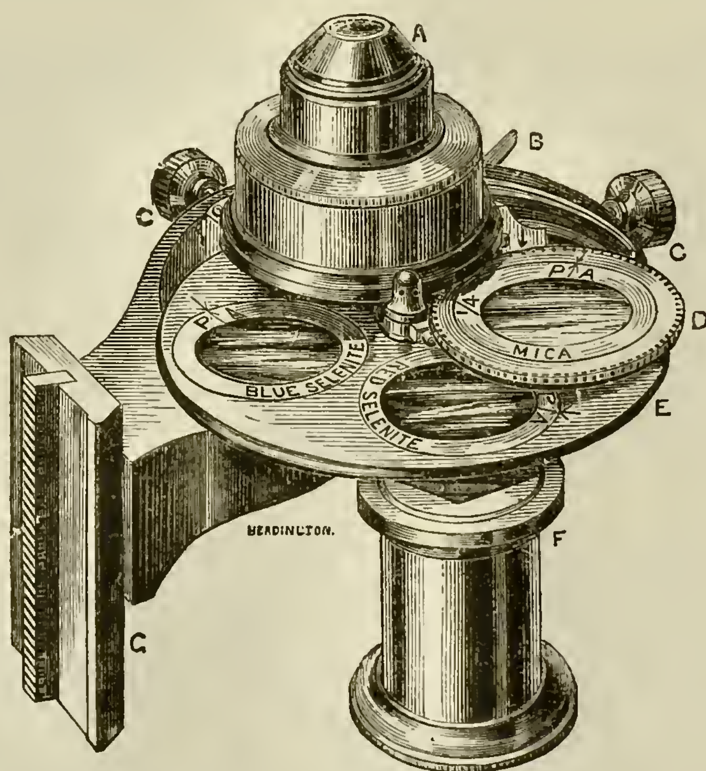


Fig. 42. — Condensateur achromatique avec polariseur et lames sensibles, de J. Swift.

condensateur proprement dit, c'est-à-dire un système optique de 2/5 de pouce de foyer avec un angle d'ouverture de 140°.

Sous les lentilles de ce système est un diaphragme à contraction que l'on manœuvre de l'extérieur à l'aide du petit levier B. Le disque tournant E est percé de quatre cellules rondes dans lesquelles on peut placer successivement cinq rondelles diaphragmes ou écrans pour l'éclairage marginal ou latéral, et même pour l'éclairage sur

champ noir, ou des lames sensibles de sélénite pour la lumière polarisée. On peut amener successivement toutes ces cellules dans l'axe du condensateur et les rondelles y peuvent tourner autour de leur centre. Enfin un levier tournant porte deux autres cellules D qu'on peut amener au-dessus de chacune des cellules du disque E. L'une de ces cellules (D) tournant dans sa monture autour de son propre centre (l'autre n'est pas visible sur la figure) peut recevoir une lame de mica destinée à opérer des changements de couleurs avec chacune des lames de sélénite, lorsqu'on opère avec la lumière polarisée. En effet, un prisme polarisateur F, monté sur un excentrique, peut être amené dans l'axe optique. Cet appareil, très-commode, se monte, à l'aide de la crémaillère G, à la place de la sous-platine du microscope de M. J. Swift, et peut être centré par les vis C,C. Il peut être d'ailleurs installé sous tous les instruments dont la platine est suffisamment élevée (1).

Le même opticien construit un autre condensateur « populaire » établi sur les mêmes principes, mais plus simple.

Condensateur du Dr Abbé. — Le *condensateur du professeur Abbé*, à Iéna, construit par Zeiss, est l'un des meilleurs instru-

(1) L'emploi du condensateur de Swift peut être réglé de la manière suivante pour la plupart des recherches dans la lumière ordinaire et dans la lumière polarisée.

On commence par centrer l'appareil en coiffant la lentille frontale d'un petit diaphragme percé d'une ouverture très-étroite et on vise avec un objectif faible (1 pouce) cette ouverture qui doit se trouver au milieu du champ, ou qu'on y amène à l'aide des deux vis placées à angle droit sur la monture du condensateur (C, C, fig. 42). On peut alors enlever le petit diaphragme. On place dans les ouvertures du diaphragme tournant E l'une des rondelles à lumière périphérique (le n° 3 par exemple), et deux des disques sensibles de sélénite, en ayant soin que le trait marqué sur leur bord coïncide avec celui qui est tracé sur la marge de chaque cellule du diaphragme. Dans les deux ouvertures de la pièce tournante supérieure D on place un disque de mica et une des rondelles à lumière latérale. On peut ainsi, si l'on emploie la lumière polarisée, et pour cela il suffit de pousser le polariseur F sous l'appareil et de placer l'analyseur sur l'objectif, on peut se servir soit de chaque lame de sélénite seule, soit doublée par la lame de mica. Chacune de ces lames, on le sait, peut tourner dans sa monture, ainsi que les prismes polarisateur et analyseur. Pour les effets de lumière ordinaire oblique, on les obtient à l'aide du disque à éclairage latéral qu'on tourne jusqu'à ce que le rayon lumineux tombe suivant l'obliquité voulue.

On obtient l'éclairage sur champ noir avec les objectifs de 1 pouce à 4/10 de pouce et le disque à lumière périphérique n° 3. Le disque n° 5 n'est employé qu'avec les objectifs supérieurs 1/5 et 1/6 de pouce à petit angle d'ouverture (60° et 70°). Mais, pour les objectifs faibles, de 3 p. à 1 p., il faut enlever la lentille frontale du condensateur, et employer la rondelle n° 3.

Il est bien entendu que l'instrument a été placé de manière à ce que la préparation soit à son foyer et qu'on a veillé à ce que le *contracting-diaphragm* placé par-dessous et mû par le petit levier B soit suffisamment ouvert.

ments de ce genre que nous connaissions; son emploi est des plus faciles et les résultats qu'il fournit sont excellents.

Il consiste en deux lentilles non achromatiques, plan-convexes, mais très-bombées et plus qu'hémisphériques. C'est un système optique dont le grossissement correspond à celui d'une lentille de 15 millimètres de foyer, mais sa distance frontale n'est réellement que de 2 millimètres (fig. 43). La partie inférieure de la platine

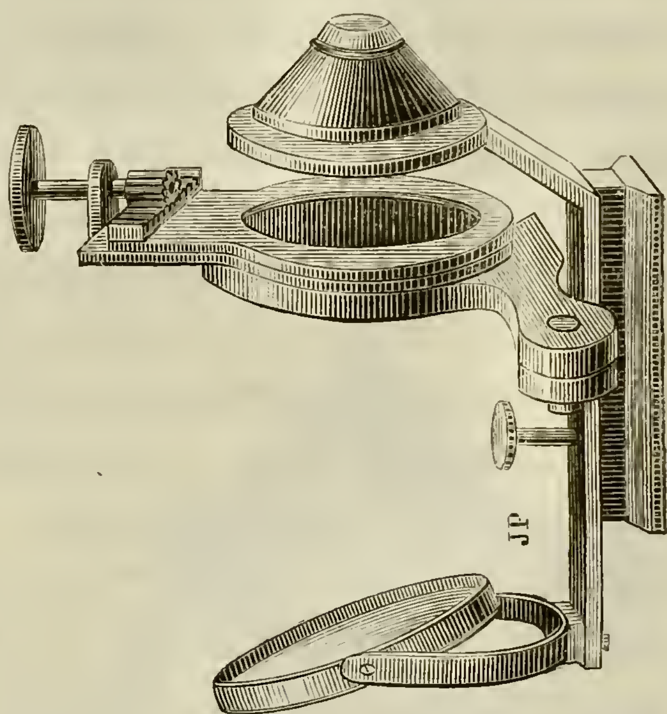


Fig. 43. — Condensateur du Dr Abbé.

dans les microscopes de Zeiss est creusée de manière que la lentille frontale du condensateur, qui s'engage dans cette cavité, peut être amenée à affleurer, de sa surface supérieure et plane, la surface de la platine, de sorte que, grâce à l'épaisseur du porte-objet, la préparation se trouve tomber, ou à très-peu près, au foyer du condensateur. Le verre du porte-objet continue ainsi, pour ainsi dire, la lentille frontale, et les rayons lumineux ne subissent qu'une déviation insensible en traversant la très-mince couche d'air qui sépare la lentille du porte-objet, couche d'air que l'on peut d'ailleurs, au besoin, remplir par une goutte d'eau.

A 11 ou 12 millimètres au-dessous du système optique est placé le diaphragme dont la disposition est extrêmement ingénieuse. Il consiste en une monture métallique annulaire portée sur un levier

excentrique, de sorte qu'on peut l'amener sur le côté de l'instrument pour placer, dans l'ouverture circulaire dont elle est percée, différents disques diaphragmes à trous plus ou moins étroits, ou même donnant la lumière par une zone périphérique. Mais cette monture a encore un double mouvement : un mouvement rotatoire autour du centre du diaphragme et un mouvement latéral, rectiligne, dans le sens du rayon, mouvement qui lui est imprimé par une petite roue dentée, mue par un bouton moleté et roulant sur une crémaillère. On comprend que si l'on place dans la monture une rondelle percée d'un trou central et qu'on amène l'appareil dans l'axe de l'instrument, on dirigera sur la préparation un pinceau de lumière centrale ; mais si l'on fait tourner le bouton moleté dans un sens ou dans l'autre, on porte en avant ou en arrière l'ouverture du diaphragme, et le pinceau qui arrive sur l'objet devient de plus en plus oblique, jusqu'à faire un angle de 60° avec la verticale. Si alors on fait tourner le diaphragme par le mouvement rotatoire de sa monture, le pinceau oblique tourne tout autour de la préparation, décrivant un cône dont l'objet examiné occupe le sommet. Cet objet se trouve donc ainsi éclairé obliquement dans tous les sens, et l'on peut chercher facilement la direction qu'il convient de donner au pinceau lumineux pour percevoir tel ou tel système de stries d'un test-objet. Et tous ces mouvements, y compris celui de l'excentrique qui amène le diaphragme en dehors de la platine, sont donnés par le seul bouton moleté dont nous avons parlé, en le tirant, le poussant ou le tournant dans le sens même du mouvement que l'on veut imprimer.

Suivant la nature de l'objet qu'on examine, l'éclairage qu'on veut produire, le résultat qu'on recherche, on peut employer quatre rondelles diaphragmes percées de trous de différents diamètres, de 1 à 7 millimètres, ou un disque à ouverture circulaire et marginale avec lequel on peut obtenir l'éclairage sur champ noir jusqu'à un grossissement de 350 diamètres. L'appareil est éclairé d'ailleurs par un miroir plan pouvant tourner autour de deux de ses diamètres rectangulaires, et dont la face inférieure est munie d'une plaque de porcelaine dépolie, pour adoucir la lumière dans certains cas spéciaux.

Nous ne pouvons entrer ici dans de plus longs détails sur cet excellent instrument, dont les effets et le maniement sont très-faciles à comprendre. Il se monte, d'ailleurs, dans une position fixe et dans l'axe du microscope, à la place du système du miroir ordinaire qui, dans les instruments de M. Zeiss, est mobile dans une coulisse. On retire ce système et on le remplace par celui du condensateur. Grâce à son mouvement, il peut remplacer la platine tournante du microscope.

Avec le condensateur Abbé et un bon objectif suffisamment grossissant et corrigé (1/8 de pouce, Pow. et Leal.), on peut résoudre *facilement* les stries des Diatomées, y compris les fines lignes sinueuses du *Surirella gemma* (voir page 69). Nous n'hésitons pas à reconnaître que, non-seulement en raison de la facilité de son emploi, mais aussi pour les résultats qu'il donne, particulièrement comme effets de lumière oblique, le condensateur Abbé, tel que le construit M. Zeiss, est un des meilleurs dont nous nous soyons servi.

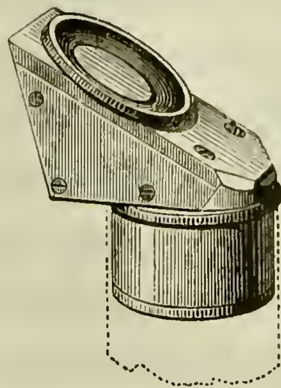
Prisme redresseur. — Le microscope renverse les images, comme on le sait ; cette particularité, qui n'a aucun inconvénient dans les observations ordinaires, devient au contraire très-gênante quand on travaille sous le microscope, par exemple lorsqu'on opère une dissection.

Aussi, dans ce cas, est-on obligé de renverser l'image une seconde fois, ce qui la remet dans la direction réelle de l'objet, et, comme on dit, la redresse.

Ch. Chevalier, à ce que nous croyons, a construit le premier le *prisme redresseur*, mais celui de Nachet, qui s'adapte à tous les microscopes et qui est combiné avec un oculaire pour donner un plus grand champ, nous paraît particulièrement commode.

Cet appareil entre dans le tube du microscope à la place de l'oculaire ordinaire, il renferme un prisme à quatre faces dont les angles sont calculés de telle sorte que les rayons formant l'image y sont réfléchis trois fois avant d'arriver à l'œil et donnent sur la rétine une image renversée de celle qui est fournie par l'objectif. Mais comme l'image donnée par l'objectif est renversée par rapport à l'objet, celle qui est fournie par le prisme est redressée par rapport à l'objet (fig. 44).

Il faut remarquer que les rayons sortent du prisme pour entrer dans l'œil dans une direction oblique par rapport à l'axe du microscope. Il en résulte que si l'on place le prisme de telle sorte que la lentille oculaire qui le recouvre et qui est inclinée et non horizontale soit dirigée du côté de l'observateur, l'image se trouve reportée en avant, ce qui n'offre aucun inconvénient.


Fig. 44. — Prisme redresseur perfectionné, de Nachet.

Le prisme redresseur transforme tout microscope en microscope à dissection. C'est un instrument absolument nécessaire lorsqu'on veut travailler sous l'objectif et particulièrement indispensable pour faire toutes les recherches d'anatomie et de physiologie animale ou végétale.

Chambre claire. — On appelle *chambre claire* ou *camera lucida* un petit instrument qui permet de reporter l'image fournie par le microscope sur une feuille de papier convenablement disposée, de manière à ce que l'observateur, sans que son œil quitte l'oculaire, aperçoive à la fois l'image et le papier sur lequel il peut la dessiner.

Les modèles de chambre claire sont excessivement nombreux, ceux de Wollaston, de Sömmering, d'Amici sont généralement connus ; on en a construit qui s'appliquent spécialement, comme celles d'Amici, au microscope horizontal et reportent l'image sur un plan horizontal ; appliquées au microscope vertical, elles reportent l'image sur un plan vertical, ce qui est loin d'être commode.

Le principe de tous ces instruments, dont nous ne décrirons qu'un seul modèle, est toujours le même : faire pénétrer dans l'œil par une partie de la pupille les rayons lumineux qui amènent directement l'image de l'objet, et par une autre partie de la pupille les rayons émanés du papier et qui ont nécessairement subi une ou plusieurs réflexions, ou *vice versâ*. L'œil perçoit à la fois et superpose l'image de l'objet et celle du papier.

Supposons qu'on ait affaire à un microscope horizontal ou à un instrument inclinant que l'on peut pencher jusqu'à l'horizontale, et qu'on place devant soi, au pied du microscope, une feuille de papier sur laquelle est la main armée d'un crayon. Si l'on dispose

devant l'oculaire une des faces d'un prisme convenablement choisi et tenu de manière à ce que toutes ses arêtes soient horizontales, les rayons sortant de la lentille pénétreront dans le prisme sans déviation par la face appliquée contre l'oculaire, mais ils subiront la réflexion totale sur la face inférieure et oblique du prisme. Ils seront donc réfléchis par en haut et sortiront par la face supérieure du prisme. Si l'œil est appliqué au-dessus de l'arête postérieure du prisme, de telle sorte que cette arête coupe la pupille par la moitié, la partie supérieure de la pupille admettra les rayons émergeant du prisme qui apporteront à l'œil l'image de l'objet, tandis que la partie inférieure de la pupille admettra les rayons émanés du papier, de la main et du crayon que l'œil apercevra ainsi directement. Et l'œil, rapportant la position de l'objet suivant la direction dernière des rayons qui lui en transmettent l'image, verra cette image sur le papier.

Et l'on aura ainsi la chambre claire de Wollaston, instrument très-connu et dont nous n'avons pas à décrire les détails de construction.

Remarquons qu'avec cet instrument il ne faut pas se placer comme si l'on voulait *regarder dans le microscope*, mais l'œil doit regarder le papier, au pied de l'instrument, derrière et tout contre l'arête postérieure du prisme en faisant déborder, pour ainsi dire, un peu la pupille hors du prisme.

Si le microscope était vertical, le prisme devrait être retourné et le papier placé en avant de l'instrument au niveau de l'arête supérieure du prisme ; l'observateur regarderait droit devant lui de manière à voir le papier au-dessus de cette arête et à recevoir, dans la partie inférieure de la pupille, les rayons qui sortent du prisme par sa face postérieure, tout près de l'arête.

Si, au lieu d'un prisme, on emploie un petit miroir d'acier plus petit que la circonférence de la pupille et qu'on le place à 45° devant l'oculaire, il recevra les rayons sortant de cette lentille et les réfléchira dans l'œil placé contre le miroir; mais, en raison du petit diamètre de ce dernier, les rayons émanés du papier auront encore accès dans la pupille autour des bords du miroir.

Et l'on aura la chambre claire de Sömmering.

La chambre claire d'Amici opère d'une manière inverse : l'œil

perçoit directement l'image de l'objet et c'est celle du papier et du crayon qui, vue par réflexion, vient se projeter dans le champ du microscope, ce qui est bien préférable. Le petit miroir de Sömmering est alors *adossé* à l'oculaire et incliné convenablement. Les rayons sortant de l'oculaire passent au-dessus du miroir et autour de lui pour arriver directement à l'œil, tandis que ceux émanés du papier, réfléchis d'abord par un prisme, puis sur le petit miroir, arrivent à l'œil après avoir subi ces réflexions qui transportent l'image du crayon dans le champ du microscope.

Au lieu de passer autour du miroir, les rayons sortant de l'oculaire peuvent au contraire passer par un petit trou d'un diamètre plus petit que celui de la pupille percé au centre du miroir dont la dimension est alors plus grande que dans le système inverse. Telle est la chambre claire construite par Chevalier (fig. 45).

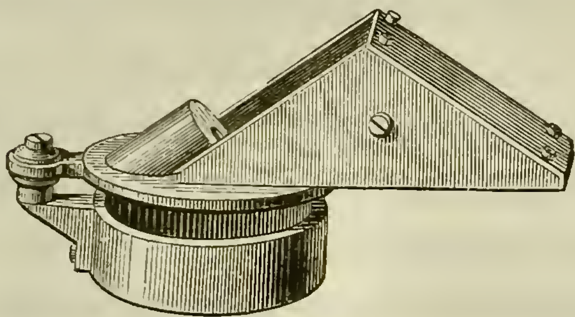


Fig. 45. — Chambre claire de Ch. Chevalier (système Amici).

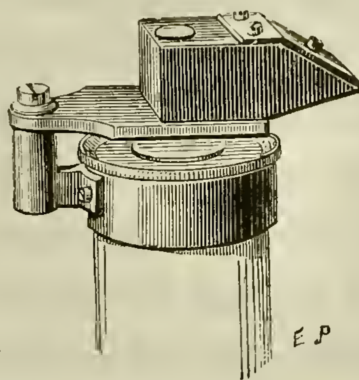


Fig. 46. — Chambre claire de Nachet.

Nous ne pouvons insister ici sur tous les systèmes de construction employés par Chevalier, Oberhäuser et beaucoup d'autres opticiens, et nous indiquerons seulement la chambre claire de Nachet, qui s'applique aux microscopes verticaux, les plus employés aujourd'hui, et reporte néanmoins l'image sur un plan horizontal, par exemple sur la table de travail où l'observateur peut les dessiner.

Cette chambre claire consiste d'une manière générale en un prisme à peu près rhomboïdal dont une des faces est placée obliquement devant l'oculaire. Mais sur cette face est collé un autre petit prisme de telle sorte que, recevant normalement les rayons sortant de l'oculaire, il les renvoie aussi normalement sur le grand prisme, ce qui fait qu'ils ne subissent pas de déviation. Les rayons émanés du papier sont au contraire réfléchis, d'autre part, dans le prisme

rhomboïdal et ramenés dans la direction de ceux qui émanent directement de l'objet. L'image du crayon est donc projetée dans le champ du microscope, ce qui est, nous l'avons dit, la meilleure disposition.

Nous préférons la chambre claire de Nachet à l'ancien instrument de Wollaston, parce qu'elle s'applique aux microscopes verticaux en donnant l'image sur un plan horizontal et parce qu'elle transporte l'image du crayon, qui est très-distincte, dans tous les points du champ, au lieu de transporter l'image de l'objet sur la table. Nous la préférons encore à celle de Sömmering ou d'Amici parce qu'elle n'emploie pas le miroir d'acier dont la surface s'altère et s'oxyde très-rapidement.

La chambre claire d'Oberhäuser (A, fig. 29) est encore un instrument très-recommandable et très-commode pour les microscopes verticaux qu'elle transforme en microscopes horizontaux. En raison de la longueur de la pièce qui la compose elle produit un grossissement assez considérable.

Tout ces petits appareils, quelle que soit leur construction, sont logés dans une garniture métallique soutenue par un anneau ou collier destiné à s'adapter au tube de l'oculaire.

Quelle que soit d'ailleurs la chambre claire que l'on adopte, il faut une certaine habitude pour s'en servir d'une manière utile. On ne trouve pas d'emblée la position convenable et l'on ne sait pas la garder; il arrive presque toujours, surtout lorsqu'on commence à faire usage de l'instrument, que l'une des deux images absorbe l'autre, l'image de l'objet s'efface sous celle du papier dont l'intensité lumineuse domine; d'autres fois, c'est le contraire. Il faut alors diminuer l'éclairage de l'objet ou celui du papier. Ce papier peut être choisi, d'ailleurs, de couleur plus ou moins foncée, bleu, azuré ou gris. On peut encore employer diverses lames de verre colorées en bleu pour modifier l'intensité lumineuse de l'une ou de l'autre des images. Mais l'œil prend bientôt l'habitude de ce travail et l'on peut dessiner, au bout de quelque temps d'exercice, les contours de l'image d'une manière nette et sûre, sans perdre de vue la pointe du crayon, surtout si l'on a soin d'enduire cette pointe d'un peu de couleur blanche.

Enfin, comme la grandeur de l'image sur le papier augmente avec la hauteur de l'œil au-dessus de ce papier, il faut disposer les choses de manière à ce que cette hauteur soit toujours la même, afin d'avoir des observations comparables. Pour cela, on élève le papier soit sur un pupitre *ad hoc*, soit sur une pile de livres, de manière à le placer toujours à la hauteur de la platine.

Révolver porte-objectif. — Un appareil accessoire qui n'est pas indispensable, mais seulement d'une extrême commodité, est le *revolver porte-objectif*, inventé par M. A. Nachet, en France, par MM. Powell et Lealand, en Angleterre, et que les Anglais construisent sous le nom de *double-nez de Brooke* (1).

Ce petit instrument permet de changer instantanément le grossissement sous lequel on examine un objet, sans avoir à dévisser l'objectif pour en revisser un nouveau, ce que certaines personnes ne peuvent faire sans enlever le tube du microscope. Plusieurs micrographes et constructeurs ont cherché à réaliser cette disposition par différents moyens; mais le seul commode est celui dont nous parlons.

Le revolver porte-objectif consiste en un bras vissé au bout du tube et qui se relève obliquement sur le côté; le bras oblique porte une pièce qui tourne à pivot autour de son centre et à chaque extrémité de laquelle on place un objectif. En faisant tourner de 180° cette pièce autour du pivot, elle vient successivement présenter devant l'ouverture du tube les deux objectifs dont elle est armée. La substitution est ainsi instantanée et la position oblique du centre de rotation, en éloignant du porte-objet l'objectif qui ne fonctionne pas, fait que le petit instrument ne gêne nullement les mouvements et le travail sur la platine.

Appareil de polarisation. — Nos lecteurs comprennent que nous ne pouvons exposer ici longuement la nature de la lumière pola-

(1) Le *double nez* inventé par Brooke diffère complétement du revolver à centre de rotation oblique de M. Nachet, en ce que la pièce porte-objectifs est droite et tourne par conséquent dans un plan, de sorte que l'objectif qui ne fonctionne pas repose presque sur la platine où il est très-gênant et même, s'il est plus long que l'autre, ou bien il ne peut plus tourner, ou bien il empêche la mise au point. Ce n'est qu'une modification des plaques tournantes porte-objectifs des anciens microscopes (G. Adams, 1746), plaques auxquelles on a été obligé de renoncer. — MM. Powell et Lealand donnent au *double nose* la même forme que M. Nachet.

risée et les propriétés qu'ont acquises les rayons après avoir subi la curieuse modification désignée sous le nom de *polarisation*. Nous sommes obligés de les renvoyer pour ces détails aux traités de Physique et de nous borner à indiquer les effets de la lumière polarisée utilisables dans les recherches micrographiques.

Lorsque la lumière blanche ordinaire traverse certaines substances possédant la propriété de la double réfraction, telles que le spath d'Islande, elle est dite *polarisée* et acquiert des propriétés particulières, en vertu desquelles elle ne peut plus être réfléchie ni réfractée suivant les lois ordinaires.

Un grand nombre de substances, les lames minces cristallines, beaucoup de sels et de produits animaux, les cheveux, les poils, les muscles, le derme, les matières amylacées, exercent sur la lumière polarisée une influence caractéristique et donnent, dans certains cas, lieu à des phénomènes de coloration d'un aspect véritablement féerique.

Henry Fox Talbot fut le premier qui, en 1832, appliqua la lumière polarisée au microscope, puis Brewster, puis Biot qui fit établir par Ch. Chevalier le premier appareil de polarisation, construit en France, pour être appliqué au microscope. La polarisation y était produite par deux lames de tourmaline. Actuellement on emploie, ainsi que le fit, en 1834, le même Ch. Chevalier, des prismes de carbonate de chaux ou spath d'Islande, appelés *prismes de Nicol*, du nom de Richard Nicol, d'Édimbourg, leur inventeur.

Aujourd'hui les appareils de polarisation qu'on applique au microscope consistent en deux prismes de Nicol dont le premier, appelé *polariseur*, enchâssé dans une monture métallique, est introduit dans le tube du diaphragme sous la platine. Pour les forts grossissements, on surmonte la monture d'une petite lentille convergente ou d'un condensateur. Le prisme a été coupé en deux parties suivant ses plus courtes diagonales parallèles et les deux parties recollées avec du baume du Canada. Le faisceau de lumière projeté par le miroir dans ce prisme se réfracte en se divisant en deux pinceaux, en raison du phénomène de la double réfraction (dans le spath), le *rayon ordinaire* éprouve la réflexion totale sur la couche de baume du Canada et ne traverse pas le prisme, tandis

que le *rayon extraordinaire* le traverse pour arriver à l'objectif. C'est là la lumière blanche polarisée qui va être reçue sur le second prisme de Nicol.

Celui-ci, qu'on appelle *analyseur*, est placé soit dans le tube du microscope, soit sur l'oculaire. Pour cela on l'enchâsse dans une monture métallique qui coiffe l'oculaire et qui, à sa partie supérieure, est percée d'une ouverture correspondant à la lentille de l'oculaire et sur laquelle l'observateur applique l'œil. Dans cette position, le rayon de lumière polarisée sortant de l'oculaire se divise en deux pinceaux en traversant le prisme analyseur biréfringent. De sorte que si l'on applique l'œil au-dessus de la monture, on voit deux images de l'ouverture de l'oculaire. Si l'on fait tourner la monture autour de son axe vertical, les deux images varient d'intensité suivant la position du plan de la section principale du prisme par rapport au plan de polarisation. Quand les deux plans ont été amenés, par la rotation de l'analyseur, à être parallèles ou perpendiculaires, une des deux images s'éteint.

Si l'on interpose sur le trajet du rayon polarisé une substance qui agisse sur lui en produisant des phénomènes de coloration, par exemple une lame cristalline placée au foyer de l'objectif, le rayon se dédouble en le traversant, mais en raison du peu d'épaisseur de la lame cristalline, les deux pinceaux ne se séparent pas, mais, après avoir traversé l'analyseur, ils fournissent deux images de l'ouverture colorées de couleurs complémentaires.

Pour étudier dans la lumière polarisée les objets qui agissent sur elle, on opère de la manière suivante. On recouvre avec une lame métallique une des deux images fournies par l'oculaire analyseur ou bien on donne à l'ouverture de cet appareil un assez petit diamètre pour qu'on n'aperçoive qu'une seule image. L'objet a été préalablement placé au foyer de l'objectif. On tourne alors l'analyseur jusqu'à ce que le champ devienne obscur. Si l'objet agit sur la lumière polarisée, il la dépolarise et apparaît alors, brillant au milieu du champ obscur, ou même se diapre des plus vives couleurs. En même temps, l'œil, ne recevant d'autre lumière que celle qui traverse l'objet, en perçoit les moindres détails de structure.

Si l'objet n'apparaît pas et reste noir, c'est qu'il est sans action, *inactif* ou *isotrope*. Les corps qui agissent sur la lumière polarisée sont dits *anisotropes*.

Les phénomènes produits par les différents corps sur la lumière polarisée sont de plusieurs sortes. Ou bien ceux-ci dépolarisent la lumière, en raison de leur structure moléculaire, et la font repasser à l'état de lumière naturelle, paraissant simplement brillants sur le champ noir, comme nous venons de l'expliquer; ou bien ils peuvent produire des colorations diverses (*polarisation chromatique*) dues à leur structure lamellaire. Tels sont les grains de fécule. Un grand nombre de cristaux ont cette propriété, et on peut reproduire ces effets en superposant des lames parallèles de substances qui ne sont même pas biréfringentes. Ces colorations sont dues à des franges produites par interférence.

Cette polarisation lamellaire est complétement indépendante de la polarisation moléculaire et peut lui être ou ne lui être pas associée dans le même corps.

Les différentes phases de la cristallisation produisent dans les cristaux microscopiques des phénomènes de ce genre dus aux différentes couches qui se superposent. Les bords libres des gouttes de certains liquides comme l'eau, la glycérine, les essences, etc., agissent sur la lumière polarisée comme une superposition de lames minces, les plis fins, les ondulations, les stries produisent des effets semblables.

Rien ne peut donner une idée des effets réellement magiques que produisent certaines substances, particulièrement les cristallisations, examinées dans la lumière polarisée.

« Chacune des sessions de l'Association britannique se termine par une fête microscopique, dit M. W. de Fonvielle. La lumière polarisée fait les frais de cette splendide exhibition des proprietés intimes des choses. Les fanons de baleine, les poils, les cheveux, coupés transversalement et longitudinalement, font briller de curieux détails intimes. Employez les rayons ordinaires, vous aurez un mal infini à suivre des fils grossiers, feutrés les uns contre les autres; mais placez votre talisman transparent (appareil polarisateur), vous dissiperez une sorte de brouillard qui cachait une

texture merveilleuse. La prose finit, c'est la poésie qui commence. J'ai vu à Brighton des jeunes filles aux yeux bleus, aux cheveux d'or, oublier la danse pour admirer, pendant de longs quarts d'heure, ces magnifiques franges argentines, ces étonnantes enluminures si délicates. On dirait que les pinceaux de la reine Mab ont pris plaisir à suivre les fantastiques contours. »

En plaçant au-dessus du polariseur de fines lames de gypse ou de mica d'épaisseurs diverses (*lames sensibles* de Biot), on accroît considérablement la sensibilité de l'appareil polarisateur et on obtient des colorations de la plus grande vivacité.

Les opticiens anglais construisent, ainsi que nous l'avons déjà vu en décrivant le condensateur de Swift, des appareils de polarisation beaucoup plus complets, beaucoup plus commodes, mais aussi d'un prix beaucoup plus élevé que les nôtres. Dans ces instruments, le prisme analyseur se visse ordinairement à la place de l'objectif, et l'on monte ce dernier au bout du prisme. Cet analyseur est maintenu dans une monture qui permet de lui donner un mouvement de rotation sans faire tourner l'objectif. Le polariseur est placé sous la platine et on peut le surmonter d'un condensateur. Mais, entre le condensateur et le prisme, est fixée une pièce portant deux ou trois disques dans lesquels sont introduites des lames sensibles de différentes épaisseurs et qui peuvent tourner dans le plan du disque, autour de leur centre. Chacun de ces disques peut être interposé sur le passage du rayon polarisé, ou écarté à l'aide d'un petit levier excentrique. — Les microscopes anglais s'accompagnent presque toujours d'un appareil de polarisation : nous avons vu les condensateurs de Swift contenir un polariseur, et un microscope de poche, gros et long comme le doigt, construit par le même opticien, peut aussi recevoir son polariseur et son analyseur. Enfin les microscopes « Harley », fabriqués par M. Collins, de Londres, contiennent un analyseur dans la boîte du prisme de Wenham (binoculaire) et un polariseur sur un excentrique fixé à la platine. En une seconde, le microscope ordinaire est ainsi transformé en microscope polarisant.

Instruments pour faire les coupes minces. — Les objets microscopiques étant le plus souvent examinés par transparence, doivent

être, s'ils sont solides, réduits en tranches minces non-seulement pour que la lumière puisse les traverser, mais pour que les différentes couches qui composent leur épaisseur puissent être successivement sondées par l'objectif dont la distance focale, pour les forts grossissements, est fort courte.

Le plus simple de tous ces instruments et le meilleur dans bien des cas est un rasoir de la meilleure qualité possible, et qu'il faut toujours affiler soigneusement avant de s'en servir.

On fera bien d'avoir un rasoir à faces planes et un autre à faces concaves.

Le *couteau de Valentin* est un couteau muni de deux lames parallèles que l'on peut écarter ou rapprocher à volonté au moyen d'une vis. On comprend qu'en tranchant un objet de consistance convenable avec la double lame de cet instrument on obtient, entre les deux lames, une section d'autant plus mince que les lames sont plus rapprochées. Ce couteau, peu employé aujourd'hui, peut néanmoins être utile dans certains cas, notamment pour les préparations botaniques.

On trouve, chez les fabricants d'instruments de chirurgie, des couteaux destinés à pratiquer de larges coupes, mais qui ne servent que dans des recherches tout à fait spéciales.

Les rasoirs et les scalpels s'emploient le plus souvent de la manière suivante : On prend de la main gauche, entre la pulpe du pouce et celle de l'index, l'objet à diviser et on pratique avec la main droite une série de coupes aussi minces que possible. Beaucoup seront manquées, mais dans le nombre on en trouvera toujours quelques-unes qui pourront être employées, et on acquiert bientôt la dextérité nécessaire à cette préparation.

Il est souvent utile que la lame du rasoir soit mouillée avec de l'eau ou de l'alcool, surtout sur sa face supérieure pour que la coupe flotte dans la couche liquide et se sépare facilement de l'instrument sans se briser.

On est parfois obligé de tenir l'objet entre deux lames de moelle de sureau, de caoutchouc ou de liége fin. Parfois aussi il faut le serrer entre les mors d'un petit *étau à main* en le plaçant entre des lames de moelle de sureau ou de liége, pour le préserver des mors

de l'étau. On laisse déborder la substance à trancher avec le liége au delà du mors et on abat la partie qui dépasse au ras de la pince, pour obtenir une surface plane et régulière. On fait ensuite saillir un peu l'objet, aussi peu que possible, et on pratique une nouvelle section qui, entre les deux tranches de sureau, donne une coupe aussi mince que l'on veut.

Dans certains cas, et lorsqu'il s'agit d'objets pulvérulents très-fins, comme des grains de pollen, par exemple, il faut les enrober dans une couche d'un liquide solidifiable que l'on tranchera en même temps que les granules. Ainsi, dans ce cas, on trempe l'extrémité d'une baguette de moelle de sureau dans une solution épaisse de gomme arabique additionnée d'un peu de glycérine pour qu'elle ne soit pas cassante. Cette couche sèche, on fait une seconde immersion qui dépose une nouvelle couche de gomme sur laquelle on répand les granules de pollen, et on laisse sécher. On donne alors une troisième couche et lorsque celle-ci est sèche, on pratique dans la masse une série de sections dont plusieurs ne manquent pas d'intéresser les granules. On dissout la gomme dans l'eau et la section apparaît nette sur le porte-objet (Shacht).

Pour certaines préparations sur des tissus animaux, on emploie la stéarine ou la paraffine pour enrober les organes à trancher. On dépose ceux-ci dans un petit tube métallique et l'on verse par-dessus de la stéarine fondue. On forme ainsi une petite bougie que l'on retire du tube, et, après avoir pratiqué les sections, on les lave dans la benzine qui dissout la stéarine.

Certains tissus animaux mous doivent être durcis préalablement pour qu'on puisse y pratiquer des coupes. Le durcissement s'opère en faisant macérer plus ou moins longtemps les tissus dans des liquides appropriés, l'alcool, l'acide chromique et autres que nous indiquerons en traitant des réactifs.

C'est surtout pour pratiquer des coupes minces dans les tissus animaux que l'on a inventé un nombre considérable de petits instruments appelés *microtômes*, tels que ceux de Follin, de Ranvier, de Luys, de Rivet, de Nachet, etc.

Tous ces instruments reposent, en somme, sur le même principe : introduire l'objet *en nature,* ou enrobé dans une substance

qui lui donne de la tenue, préalablement durci ou non, suivant les circonstances, dans un tube au dehors duquel on peut le faire saillir, à l'aide d'une vis micrométrique, d'une quantité aussi petite qu'on le désire, au-dessus de la surface d'un plateau exactement plan et lisse. On *rase* le plateau à l'aide d'une lame large, fine et affilée qui tranche net la petite couche de l'objet dépassant le niveau du plateau.

La description de ces divers appareils nous entraînerait trop loin, nous nous bornerons à indiquer le modèle inventé par

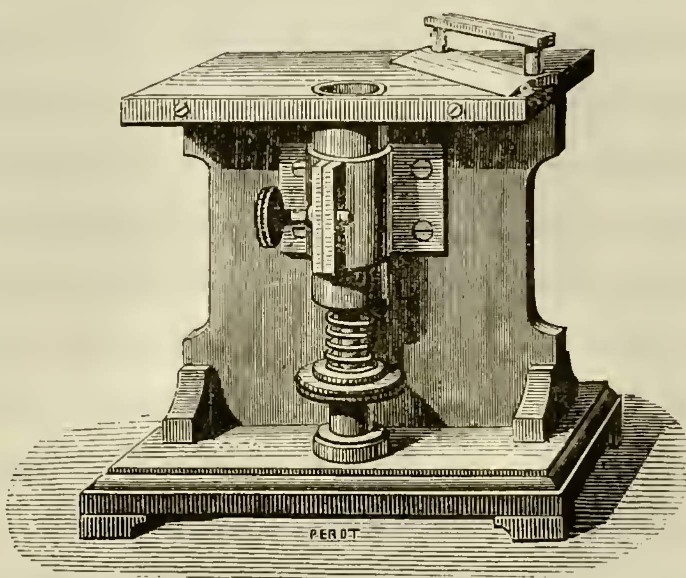


Fig. 47. — Instrument à faire les coupes minces, de Nachet.

M. Nachet et qui rentre complétement, d'ailleurs, dans la description succincte que nous venons de donner de ces appareils, ainsi qu'on le comprendra par la seule inspection de la figure 47.

Accessoires divers ; pinces, ciseaux, aiguilles, etc. — A ces instruments principaux que nous venons d'indiquer et qui pour la plupart sont nécessaires aux études micrographiques, il faut ajouter beaucoup d'autres accessoires qui ne sont pas moins utiles, tant pour la dissection que pour le maniement des objets microscopiques.

On devra être muni de plusieurs pinces fines ou *presselles* droites et courbes, à pointes aiguës et sans dents, de pinces à mors dentés, de scalpels de diverses tailles, de ciseaux fins, droits et courbes, et particulièrement de *ciseaux à manche et à ressort* dont l'emploi est très-commode et très-précis. Les *aiguilles emmanchées* sont d'un usage continuel : elles sont composées d'une aiguille

d'acier aiguë, qu'il ne faut pas choisir trop longue afin qu'elle soit rigide, fixée dans un manche hexagone afin qu'il ne tourne pas dans les doigts lorsqu'on ne le veut pas, et non plat afin qu'on puisse au contraire donner à l'aiguille un mouvement de rotation sur elle-même quand il en est besoin.

On aura de semblables aiguilles mais courbes, et dont la courbe soit assez courte.

Des *aiguilles à cataracte*, c'est-à-dire présentant une partie aplatie et tranchante, soit en fer de lance, soit en faucille, sont souvent utiles.

Enfin, deux ou trois pinceaux mous et durs sont nécessaires, d'abord pour nettoyer les lentilles, puis pour mouiller les préparations, la lame du rasoir, pour transporter de petites quantités de divers liquides, pour étaler les organes disséqués et même pour manier les corps microscopiques que l'on transporte plus facilement au bout d'un pinceau humide qu'entre les mors de la plus fine pince. Le pinceau peut encore servir à éponger par capillarité un excès de liquide sur une préparation.

Ajoutons enfin des *baguettes de verre*, des *verres à expérience* coniques, des *tubes à essais* fermés par un bout, des *pipettes*, des *verres de montre*, des *capsules* et des *soucoupes* de porcelaine, une *lampe à alcool* avec des *supports* ou *trépieds* de différentes grandeurs.

Tels sont les principaux objets dont le micrographe a besoin à chaque instant et qui devront trouver place sur la table de travail à côté de la collection des réactifs dont nous parlerons plus loin.

Porte-objet et couvre-objet. — Parmi les accessoires les plus indispensables aux observations microscopiques, il faut compter les lames de verre ou de glace sur lesquelles on dépose les préparations pour les mettre sur la platine et qu'on appelle *porte-objets*, et les lamelles de verre mince ou *couvre-objets* dont on recouvre les mêmes préparations, après les avoir humectées d'un liquide, eau, glycérine, alcool ou autre convenablement choisi, suivant la valeur de son indice de réfraction, la nature de l'objet qu'on examine et l'élément qu'on recherche.

Ces lames de glace ont ordinairement 60 à 75 millimètres de long sur 20 à 28 de large, et une épaisseur variable de 1 à 2 millimètres. Elles doivent être autant que possible taillées dans un verre sans défauts, bulles, stries ni scories ; le microscope en découvre toujours bien assez au plus beau verre.

Quant aux *lamelles*, *verres minces* ou *couvre-objets*, ce sont de petits morceaux d'un verre sans défauts apparents de 18 à 20 millimètres de côté sur une épaisseur de 1/4 à 1/20 de millimètre. Ces lamelles sont donc très-délicates et doivent être maniées avec précaution.

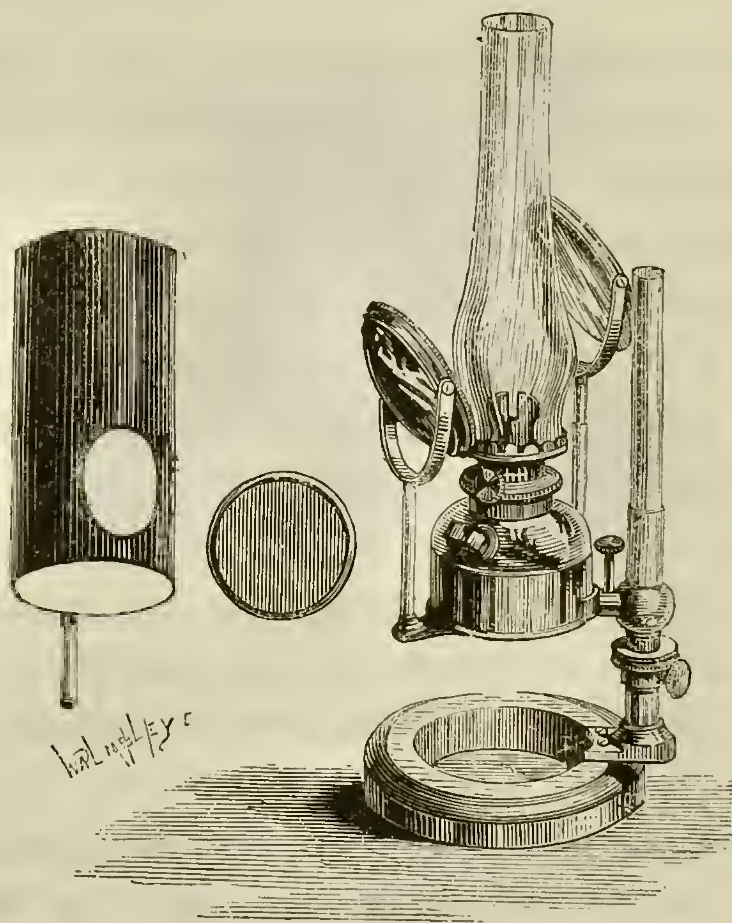


Fig. 48. — Lampe pour microscope avec lentille, réflecteur et cheminée (modèle Swift).

Il est utile que les lames et les lamelles soient autant que possible classées par épaisseur, car il est difficile, en raison même de leur mode de fabrication, de les trouver, dans le commerce, toutes de la même épaisseur. Les lamelles les plus minces seront réunies pour servir aux observations sous les plus forts grossissements, alors que les objectifs ont un très-court foyer et que la lentille frontale doit s'approcher de l'objet jusqu'à une distance quelquefois véritablement microscopique.

Il est commode aussi que les porte-objets soient classés en

deux ou trois catégories, suivant qu'elles ont à peu près 1, 1 1/2 ou 2 millimètres d'épaisseur. On apprécie suffisamment ces proportions à l'aide d'un compas d'épaisseur. Des préparations faites sur des lames sensiblement de même force et recouvertes de lamelles aussi de même épaisseur, pourront être substituées les unes aux autres sous l'objectif, sans qu'on ait besoin de manœuvrer le mouvement rapide, et l'instrument se retrouve presque au point sans perte de temps.

Nous n'avons pas besoin d'ajouter que les lames de glace et les verres minces doivent toujours être d'une extrême propreté.

On doit avoir des unes et des autres une provision suffisante.

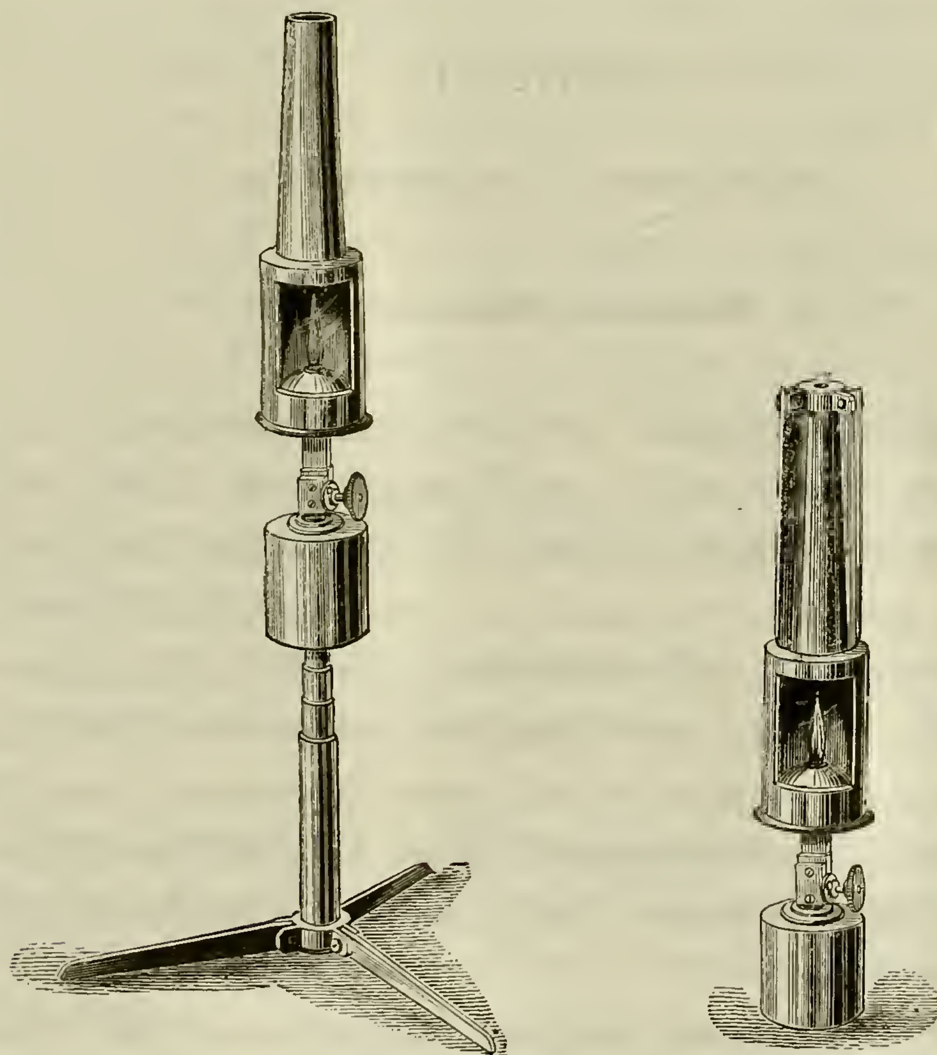


Fig. 49. — Lampe de poche, de Swift.

Lampes. — Quoiqu'on puisse se servir d'une lampe ordinaire à huile pour faire des observations le soir, la flamme du gaz, la lampe à pétrole, paraffine, luciline, schiste sont plus souvent employées parce qu'elles donnent une lumière plus blanche. Il est utile de placer devant la flamme une lentille qui rend parallèles les rayons émer-

gents comme le sont les rayons solaires. On peut y ajouter un réflecteur.

Les constructeurs anglais ont inventé un grand nombre de modèles de lampes. Nous représentons ci-dessous deux formes dues à M. J. Swift, de Londres, l'une (fig. 48), munie d'un réflecteur et d'une lentille en verre bleu est excellente pour les travaux ordinaires, l'autre (fig. 49) est très-ingénieuse et se plie de manière à ce qu'on peut l'enfermer dans un tube métallique de $0^m, 22$ de haut, sur $0^m, 03$ de large ; sa fermeture est d'ailleurs complétement hermétique, ce qui permet de la porter dans la poche.

CHAPITRE IX

PRATIQUE DU MICROSCOPE

I. Choix du Microscope.

Les bons modèles, comme on l'a vu, sont nombreux, et entre eux on n'aura positivement que l'embarras du choix. Dans ce choix, on sera guidé par la nature des recherches que l'on poursuit et le prix que l'on veut mettre à l'instrument. Répétons, d'ailleurs, que les objectifs, qui constituent la partie la plus coûteuse de cette acquisition, ainsi que plusieurs accessoires dont l'emploi n'est pas toujours continuel et indispensable, peuvent être achetés successivement, ce qui diminue d'autant les premiers débours. On complète au fur et à mesure des besoins la série des objectifs et des autres appareils.

Mais nous conseillerons toujours aux personnes qui voudront se livrer avec quelque suite aux observations microscopiques de choisir plutôt les grands et moyens modèles, quitte à ne les accompagner d'abord que de quelques objectifs. La partie mécanique de ces modèles supérieurs comprend tous les perfectionnements utiles aux recherches, la platine tournante, le miroir articulé, le diaphragme variable avec tube à pivot, et même l'inclinaison du corps qui manquent aux petits modèles. En achetant successive-

ment les forts objectifs et les autres accessoires, on finit par se trouver en possession de l'instrument aussi complet qu'on peut le désirer et dans les meilleures conditions possibles.

Ce système est, à notre avis, bien préférable à celui que suivent le plus souvent les commençants et qui leur est, d'ailleurs, conseillé dans plusieurs ouvrages spéciaux. Ils débutent avec un microscope de petit modèle pour en acquérir plus tard un plus complet et enfin, quand ils ont pris goût à la microscopie, un modèle supérieur. Ils se trouvent alors en possession de plusieurs instruments dont les premiers ne leur sont plus utiles ; et s'ils cherchent à se défaire de ceux-ci plus ou moins usés ou détériorés, ils en trouvent difficilement le placement ou sont obligés de subir des pertes qui finissent par rendre l'acquisition de l'instrument complet bien plus onéreuse que s'ils l'eussent faite tout d'abord, et au besoin peu à peu, comme nous l'avons recommandé par expérience.

Nous ne conseillerons pas davantage aux commençants d'acheter un de ces microscopes de rencontre qu'on trouve souvent chez les revendeurs d'instruments de physique, à moins qu'il ne soit signé du nom d'un bon constructeur. Mais pour un bon microscope que l'on trouve dans ces conditions, il y en a mille mauvais, détériorés, de forme ancienne et incapables de répondre aux exigences des études actuelles.

Et si l'on rencontre un instrument d'un bon constructeur, on doit l'examiner avec soin et rechercher s'il présente les conditions voulues.

En thèse générale, les conditions que nous considérons comme les plus importantes sont relatives à l'éclairage, car un microscope dans lequel on ne peut pas régler la lumière comme on le veut doit être rejeté. C'est-à-dire que nous tenons au miroir articulé, concave et plan, au diaphragme à tube sur lequel on peut ajuster des disques percés d'ouvertures plus ou moins grandes ou une rondelle de glace dépolie et que l'on peut rapprocher ou éloigner autant qu'on le veut du porte-objet, ou même supprimer tout à fait. La platine tournante, recouverte en glace, est très-utile et nous conseillerons toujours de la choisir telle autant que possible. Quant à la plaque de glace, on comprend son avantage, car avec

les réactifs acides qu'on emploie très-souvent, la platine métallique est bientôt détériorée. L'inclinaison est utile, mais n'est pas indispensable et encore bien moins la crémaillère du mouvement rapide.

Mais si le microscope est muni d'une crémaillère, la roue à pignon commandée par le bouton moleté qui la fait mouvoir doit être suffisamment serrée, mais pas trop, dans sa boîte afin que le mouvement ne soit ni trop dur ni trop mou. Elle ne doit pas *ballotter* dans sa coulisse, et quand on tourne le bouton d'une quantité quelconque, il doit agir sur la crémaillère sans secousses ni *temps perdu*. Il suffit souvent, lorsque cette roue ne fonctionne pas très-bien, de resserrer ou de desserrer un peu la vis qui applique le frein sur le pignon.

A plus forte raison, la vis micrométrique du mouvement lent, la plus utile pour la mise au point, doit-elle être précise et marcher régulièrement. Le ressort doit en être plutôt un peu dur que trop mou.

Le tube du microscope doit se mouvoir dans le coulant d'un mouvement de glissement doux et moelleux. Il faut vérifier si le centrage en est exact, c'est-à-dire si l'axe optique coïncide bien avec l'axe de figure, et si, en faisant tourner sur lui-même le tube dans le canon, cet axe, au lieu d'éprouver un simple mouvement de rotation sur lui-même et sans déplacement, ne décrit pas un cône ou un cylindre. Pour vérifier le centrage, on vise avec un objectif faible le trou, excessivement fin, du plus petit diaphragme ; ce trou doit toujours être vu au milieu du champ, quel que soit le mouvement de rotation ou autre que l'on donne au tube.

Le canon doit être exactement cylindrique à l'intérieur, comme le tube, et embrasser celui-ci par toute sa surface, afin que si l'on exerce sur le tube un petit mouvement de latéralité, en le poussant horizontalement avec le doigt à la hauteur de l'oculaire, il ne s'incline pas et surtout ne reste dans cette position inclinée, ce qu'on reconnaît au déplacement du trou du diaphragme dans le champ.

Quand on élève ou qu'on abaisse le tube par le mouvement ra-

pide ou le mouvement lent, l'objet, ou, par exemple, le trou du petit diaphragme ne doit pas se déplacer latéralement dans le champ.

Les oculaires doivent entrer assez facilement dans le tube pour qu'on puisse les changer rapidement, dans le cours d'une observation, sans retirer le tube du coulant. Il est bon cependant qu'il y ait un certain frottement, afin que l'oculaire ne tombe pas quand on retire le tube et qu'on le retourne. Nous préférons toutefois si, en raison du poids variable des oculaires, on ne peut obtenir ce double résultat, un frottement moindre qu'un frottement trop dur, car, dans ce dernier cas, on est obligé de retirer le tube du canon pour changer l'oculaire, sinon on risque de briser le couvre-objet ou de dépacer la préparation et de faire sortir du champ un point difficile à retrouver de l'objet qu'on examine.

Enfin, le microscope doit être solide, la platine résistant à la pression, et le pied assez lourd et assez large pour donner une grande stabilité à l'instrument, même quand on l'incline jusqu'à l'horizontale.

Quant aux qualités qu'il faut rechercher dans les objectifs, elles sont souvent difficiles à reconnaître, ou au moins à comparer, et il faut, en général, une grande expérience du microscope pour en juger d'une manière précise.

D'ailleurs, en s'adressant, comme nous l'avons recommandé, aux bons constructeurs, on sera certain de ne rencontrer dans la partie mécanique de l'instrument aucun des défauts que nous avons signalés et de trouver dans la partie optique toutes les qualités que l'on doit rechercher.

II. Installation.

Disposition du local. — L'installation du cabinet de travail destiné aux études microscopiques mérite quelques détails particuliers, certaines dispositions étant plus commodes que d'autres ou plus favorables.

On n'est pas toujours libre de choisir le local dans lequel on doit travailler et l'on est souvent obligé de se contenter de l'appartement dont on dispose, et il faut reconnaître qu'il n'est guère de pièce, pourvu qu'elle soit claire et que de la croisée on y puisse apercevoir le ciel, où l'on ne puisse faire utilement des observations.

Pour nous, cependant, nous préférons une pièce exposée au Nord-Est, et n'ayant qu'une seule fenêtre, à moins qu'on ne puisse, au besoin, masquer les autres par des volets.

Dans tous les cas, on évitera, dans les circonstances ordinaires, de faire des observations dans les rayons du soleil, et même si le soleil donne dans la pièce où l'on travaille, on devra se retrancher derrière un système d'écrans qui empêche les rayons dispersés de frapper le miroir du microscope ou l'œil de l'observateur. Celui-ci ne doit, autant que possible, recevoir d'autre lumière que celle qui a traversé l'objectif et l'oculaire, et qui apporte sur la rétine l'image de l'objet examiné.

Ces écrans sont d'ailleurs faciles à faire avec des feuilles de carton noirci que l'on dresse d'une manière quelconque à côté du microscope pour préserver l'instrument et l'œil des radiations multiples et gênantes. Une combinaison des plus commodes et des plus faciles à réaliser est la suivante : Sur une tige métallique verticale, un peu haute et fixée dans un pied lourd, s'adaptent deux tringles horizontales, moins longues, et que la tige verticale traverse, dans un anneau, à l'une de leurs extrémités. On peut les fixer à des hauteurs différentes, sur cette tige, par des vis de pression. A chacun de ces deux bras horizontaux, on suspend un petit rideau en serge noire ou d'un vert foncé. Si maintenant on place l'appareil près du microscope, du côté où vient un éclairage autre que celui de l'instrument, on peut fixer un des bras de ce côté, et l'autre en avant du microscope, de manière à ce que chacun des deux rideaux soit plus élevé que l'oculaire et fasse ombre sur la tête de l'observateur. Le rideau de côté pourra descendre jusqu'au pied de l'instrument, mais celui de devant ne tombera que jusqu'à la platine inclusivement, de manière à ne pas masquer le miroir. L'instrument en entier, sauf la partie antérieure du pied où est

fixé le miroir, se trouvera, ainsi que la tête de l'observateur penchée sur l'oculaire, placé dans un angle d'ombre où ne sera reçue aucune lumière gênante, position très-favorable aux observations.

Nous préférons de beaucoup cette petite installation si simple à toute autre, et c'est elle qui nous paraît la plus efficace et la plus commode. Il est parfaitement inexact de dire, ce qu'on entend affirmer par des personnes étrangères le plus souvent, d'ailleurs, aux travaux micrographiques, que le microscope détruit la vue ; mais il est très-important néanmoins de protéger l'œil contre les effets de dispersion de lumière, parce que ceux-ci le fatiguent bien plus que le microscope et nuisent d'une manière sérieuse à la netteté de la perception visuelle.

C'est pourquoi il est très-utile aussi que la surface de la table de travail soit noire ou de couleur sombre, afin qu'elle réfléchisse autour d'elle le moins de lumière possible.

Cette table doit, d'ailleurs, être solide, afin de mieux résister aux ébranlements, et d'une hauteur telle que l'oculaire du microscope soit naturellement placé un peu plus bas que l'œil de l'observateur. De cette manière, celui-ci, assis devant la table, n'aura qu'à pencher un peu la tête pour que son œil se trouve appliqué sur l'oculaire sans fatigue sensible. Les microscopes inclinants ont cet avantage qu'en donnant au corps de l'instrument une inclinaison modérée, l'oculaire vient se placer naturellement au-devant de l'œil sans que la tête ait à se maintenir dans une position fléchie qui, pour certaines personnes, finit par être fatigante. Si l'inclinaison, comme nous le disons, est légère, la platine ne se trouvera pas trop en pente pour que ces liquides des préparations puissent s'écouler, d'autant que les liquides sont toujours employés en très-petite quantité et maintenus sur le porte-objet par la capillarité.

Cependant, lorsqu'on dissèque dans un petit baquet plein d'eau sous l'objectif, il est à peu près impossible de ne pas maintenir le microscope dans la position verticale.

La table doit être assez grande pour qu'on puisse y placer les ustensiles nécessaires, verres à expériences, tubes, baguettes, flacons à réactif, lampes à alcool, supports, capsules, etc., etc. Elle sera munie de tiroirs où seront placés, à la portée de la main,

les pinces, aiguilles, ciseaux, rasoirs et autres instruments nécessaires aux préparations, ainsi que les collections de porte-objets, et de verres minces, dans des boîtes séparées suivant leur épaisseur.

Enfin, on devra toujours avoir des linges de vieille toile douce pour essuyer les cuivres et les verres, et d'autres en fine batiste de toile, douce et aussi peu plucheuse que possible, pour essuyer à sec les porte-objets, lamelles et lentilles des oculaires et des objectifs. On a à chaque instant besoin de ces linges, on doit donc toujours les avoir sous la main.

Éclairage. — La première opération, après avoir installé le microscope, est de régler l'éclairage.

Suivant la grandeur de la croisée et la quantité de lumière qu'elle verse dans la pièce, on peut en rapprocher ou en éloigner plus ou moins la table de travail. On dirige le miroir vers la partie la plus lumineuse du ciel, de manière à réfléchir les rayons sous la platine dans l'ouverture du diaphragme, et, suivant le genre d'observations que l'on veut faire, on choisit l'ouverture de ce diaphragmeplus ou moins grande. Pour observer les fins détails de structure interne d'un objet sous de forts grossissements, on emploie le diaphragme le plus petit d'ouverture, et on le rapproche, autant que possible, et jusqu'au contact,du porte-objet.Pour des grossissements moins forts, on emploie les diaphragmes plus ouverts, et enfin, sous les objectifs faibles, on peut supprimer le diaphragme ou le remplacer par un disque de verre dépoli, ou même substituer au miroir réflecteur concave le miroir plan.

La meilleure lumière est celle qui provient des nuages blancs et brillants, très-élevés, que les météorologistes appellent *cirrus*. Les *stratus*, nuages blancs en lignes stratifiées, le bord brillant des *cumulus*, nuages qui forment dans le ciel des chaînes de montagnes accumulées, fournissent aussi une bonne lumière ; les *nimbus*, au contraire, nuages bas et sombres, donnent le plus mauvais éclairage. Le ciel bleu des jours sans nuages fournit une lumière très-peu favorable. Le passage rapide des nuages sur le ciel bleu, le balancement des arbres au feuillage vert devant la fenêtre gênent beaucoup les observations. On peut se préserver de ces influences

extérieures en plaçant devant la partie de la croisée qui éclaire le microscope, un châssis garni de fin papier blanc fortement tendu, lorsque la lumière est très-intense.

La lumière solaire directe n'est que rarement employée, et pour des cas tout à fait particuliers; encore, le plus souvent, on la colore et l'adoucit, soit en plaçant sur le miroir des disques de verre bleu, soit en lui faisant traverser une dissolution d'un sel de cuivre ammoniacal. Nous reviendrons plus tard sur ces détails.

Les lumières artificielles peuvent servir aussi bien que la lumière du jour, notamment celle des lampes à pétrole qui est la meilleure et la plus blanche, puis celle du gaz, et enfin celle des lampes à huile et même de la bougie. La lampe ordinaire, dite à *modérateur*, suffit parfaitement pour la plupart des observations ordinaires, quoiqu'elle soit un peu jaune. On place souvent devant la lampe une grosse lentille plan convexe, de manière à ce que la flamme se trouve au foyer principal. Les rayons émergents sont alors parallèles, comme les rayons solaires, et ne sont plus divergents (voir p. 133, Lampes).

La flamme de la lampe doit être placée à une hauteur de 20 à 40 centimètres au-dessus de la table, de manière à ce que son accès au miroir ne soit pas gêné par les bords de la platine, et à une distance qui varie de 20 à 60 centimètres en avant du miroir. D'ailleurs, on aura bientôt reconnu par l'expérience les meilleures conditions à réaliser avec les instruments et l'éclairage dont on dispose.

Si l'on veut employer les condensateurs Dujardin ou autres, nous avons indiqué comment on les introduit dans le tube du diaphragme. On n'a plus qu'à régler le foyer en élevant ou abaissant l'appareil dans le tube, de manière à ce que le foyer du condensateur tombe sur la face supérieure du porte-objet. Dans ce cas, le foyer est facile à trouver et se révèle comme un point assez petit et d'une vive intensité lumineuse que l'on peut projeter sur un petit morceau de papier déposé sur la platine. Il s'éloigne de la lentille frontale du condensateur à mesure que la lumière se rapproche. Il faut donc abaisser le condensateur dans le tube du diaphragme.

Le foyer du miroir concave est moins facile à trouver lorsqu'il

s'agit de le faire tomber sur le porte-objet, parce que l'aberration de sphéricité étant très-grande, le foyer est loin d'être un point, mais se présente sous forme d'une surface ellipsoïde. On doit faire tomber le foyer un peu au-dessus du niveau de la platine, pour avoir le maximum d'éclairage sans franges colorées sur les bords de l'image. Pour cela, on rapproche ou on éloigne le miroir de la platine, parallèlement à lui-même. On peut d'ailleurs chercher la position du foyer avec un papier placé sur la platine.

Quand on emploie la lumière artificielle, le foyer se produit plus loin qu'avec les rayons parallèles de la lumière naturelle, et plus la lampe se rapproche, plus le foyer s'éloigne ; il faut donc éloigner le miroir de la platine.

Toutes ces opérations se font par tâtonnements, et l'on a bientôt pris l'habitude de les faire rapidement.

Éclairage oblique. — Pour l'éclairage oblique, on étend les articulations qui supportent le miroir, de manière à amener celui-ci au-devant du microscope en dehors de l'axe de l'ouverture de la platine, dont on a supprimé tous les diaphragmes. On élève et on incline le miroir de manière à amener les rayons lumineux obliquement sous la platine, et à faire tomber le point d'intensité lumineuse maximum un peu au-dessus de cette platine. Si l'instrument est à inclinaison, l'éclairage oblique en avant est surtout facile à obtenir. Nous avons dit que son maximum d'effet utile se produit sous une incidence d'environ 30°.

On peut réaliser l'éclairage oblique d'une autre manière, qui consiste à placer l'éclairage à droite du microscope, par exemple, au lieu de le placer en avant et à jeter le miroir latéralement à gauche, en dehors de l'axe, de manière à ce qu'il reçoive la lumière presque normalement, on l'incline alors pour réfléchir les rayons sous le porte-objet.

Dans le premier cas, la lumière reçue par le miroir le frappe sous un grand angle d'incidence, incidence rasante, se réfléchit de même ; dans le second, la lumière tombe sur le miroir et se réfléchit sous un angle très-aigu. Ces deux rayons, bien que frappant le porte-objet sous le même angle, 30°, par exemple, sont loin d'avoir, comme éclairage, des effets identiques, et le second fournit

toujours de bien meilleurs résultats, parce qu'il donne lieu à des aberrations de sphéricité moins considérables. Aussi, dans beaucoup de microscopes, ce mode d'éclairage latéral est-il le seul possible.

Pour l'éclairage des corps opaques, qui se fait au-dessus de la platine, à l'aide d'une loupe fixée sur le microscope, ou indépendante, ce qui est plus commode, nous n'avons rien à ajouter à ce que nous avons dit (pages 106 et suivantes), si ce n'est que l'éclairage par en haut sera d'autant meilleur que la lumière par transparence sera mieux arrêtée. Il faut donc supprimer le miroir ou placer sur le diaphragme une rondelle opaque.

Il en est de même si l'on emploie certains miroirs latéraux, peu utilisés en France, mais tout autrement avec l'appareil de Lieberkühn, qui doit, au contraire, recevoir la lumière du miroir du microscope. Avec cet instrument, le corps opaque ne peut être placé sur un fond opaque lui-même, mais c'est le seul qui permette l'emploi de grossissements un peu considérables (1/4 de pouce). Le paraboloïde de Wenham s'emploie aussi pour éclairer les corps opaques sur un porte-objet transparent et *avec la lumière du miroir plan.*

III. Soins à donner au microscope et aux ustensiles.

Le microscope est un instrument délicat et précieux, dont on doit, par conséquent, avoir le plus grand soin.

Les opticiens le livrent toujours enfermé dans une boîte, avec les principaux accessoires qu'il comporte, et l'instrument est ainsi mis à l'abri des accidents, mais on ne doit jamais le démonter pour le réintégrer dans sa boîte, après s'en être servi, sans avoir essuyé soigneusement tous les cuivres avec un linge sec et doux, ou avec une peau de daim, et chaque pièce dans le sens du poli. Si quelque pièce est tachée par le contact des doigts, la tache disparaîtra le plus souvent en la frottant avec le linge; sinon, en mouillant un peu ce dernier d'une très-petite quantité d'alcool ou d'huile, on enlèvera la tache, surtout si elle est formée, comme il arrive le plus souvent, de vernis ou de baume du Canada provenant des préparations

Il faut avoir soin, dans tous les cas, de n'employer l'huile, et surtout l'alcool, qu'en très-petite quantité, de manière à humecter seulement le linge et à ne pas dissoudre le vernis de l'instrument.

On enlèvera l'objectif pour le renfermer dans la boîte qui lui est destinée et le mettre à l'abri de la poussière. On prendra auparavant la précaution d'en essuyer la lentille frontale avec le linge sec.

Le miroir sera de même essuyé avec précaution, et, en un mot, on ne remettra chaque pièce en place qu'après avoir vérifié qu'elle est en bon état.

Cependant, au lieu de monter et démonter ainsi chaque jour le microscope, opération assez longue et qui fatigue le mécanisme, on peut le laisser en place et le recouvrir simplement d'un globe ou cylindre en verre pour le préserver de la poussière. Si on le place sur un morceau de drap ou de velours, et que les bords du globe soient garnis d'une *chenille* de soie, le velours ou le drap comprimé sous les bords du globe formera une fermeture à peu près hermétique, et qui, recouverte par la chenille, garantira mieux que tout autre l'instrument de la poussière. Ce système est de beaucoup le plus commode, mais il ne dispense pas de prendre du microscope les soins minutieux dont nous avons parlé.

Si on laisse l'objectif vissé au tube de l'instrument, il faut aussi y laisser un oculaire, de manière à ce que la poussière qui pourrait s'introduire, soit sous le globe, soit dans la boîte, ne puisse entrer dans le tube, et se déposer sur la surface supérieure de la lentille de l'objectif. Dans les jeux forts, cette lentille est assez profondément enchâssée dans la monture ; elle est plus ou moins difficile à nettoyer, et les objectifs à grands angles d'ouverture doivent être démontés le plus rarement possible, car on n'est pas toujours certain de resserrer les vis exactement au même degré et de replacer les différentes lentilles absolument à la distance voulue (1).

Cependant il arrive toujours qu'au bout d'un certain temps un peu de poussière se dépose principalement sur la lentille

(1) M. Zeiss trace des repères sur les montures des lentilles de manière qu'en les revissant on est toujours certain de les rétablir dans la même position.

supérieure. Le moyen le plus commode, pour la nettoyer, consiste à employer un pinceau de blaireau sec, mais préalablement lavé dans l'alcool et dans l'éther pour qu'il ne graisse pas la lentille.

Il arrive aussi que les lentilles se graissent, soit naturellement, soit par le contact des doigts et des linges. On les nettoie alors en balayant leur surface avec le pinceau imbibé d'une très-petite quantité d'eau ammoniacale ou alcoolisée, ou en les essuyant avec le linge fin mouillé du même liquide qui, comme nous l'avons dit, doit être employé en petite quantité afin de ne pas pénétrer dans la monture. Si l'on a dévissé les lentilles, soit des oculaires, soit des objectifs, on a soin de les revisser jusqu'au bout du pas de vis. En essuyant les verres, il faut toujours les frotter avec précaution, de peur de les rayer ou de les décentrer.

Les lames de verre porte-objets et les lamelles minces doivent être entretenues dans un état de propreté extrême. Pour cela, après qu'elles ont servi, on les trempe dans l'eau et, en faisant glisser la lamelle mince sur le porte-objet, on sépare les deux verres l'un de l'autre pour les déposer dans des soucoupes contenant de l'eau alcoolisée. Lorsqu'on a fini les observations, on retire les lames de glace et, après les avoir frottées dans l'eau, entre les doigts, on les essuie avec un linge propre et ensuite avec la batiste, de manière à ce qu'elles soient bien nettes, et ne conservent ni taches ni peluches. Si elles ont été graissées, il faut les passer préalablement dans un peu d'éther qui dissout la matière grasse, et si, après un certain temps d'usage, elles sont incrustées d'une légère couche calcaire, on les lave dans de l'eau acidulée avec un peu d'acide chlorhydrique.

Quant aux lames minces, en raison de leur fragilité, elles doivent être maniées avec les plus grandes précautions. On les retire, avec le bout du doigt, de l'eau alcoolisée et on les essuie avec un linge très-fin en les tenant toujours entre la pulpe du pouce et celle de l'index, pour les frotter à la fois dessus et dessous, afin de ne pas les briser. On les passe, d'ailleurs, comme les porte-objets, dans l'éther ou l'eau acidulée, suivant le besoin, et on les conserve dans de petites boîtes dont le vide est rempli avec un peu d'ouate. Pour s'en servir, on les manie avec une pince fine et non dentée.

IV. Maniement du microscope.

Nous avons indiqué dans un chapitre précédent les conditions à rechercher pour obtenir un bon éclairage dans le microscope, il nous reste maintenant à donner à ceux de nos lecteurs qui n'ont jamais manié cet instrument, quelques détails sur la manière de l'employer.

Nous supposons que le miroir a été orienté de telle sorte que son foyer vienne tomber un peu au-dessus et au milieu de l'ouverture de la platine. On s'assure du fait, lorsqu'on est encore inexpérimenté, en plaçant sur cette ouverture un petit morceau de papier sur lequel on doit voir se reproduire l'image du point lumineux qui éclaire le miroir. En regardant alors par le tube, qui ne porte encore ni oculaire ni objectif, on reconnaît que cette image lumineuse se trouve au milieu du cercle limité par l'ouverture objective du tube ; puis, en adaptant un objectif et en enlevant le papier qui masque l'ouverture de la platine, on voit, en regardant dans le tube, à travers l'objectif (sans oculaire), une image nette du point lumineux, flamme ou nuage, d'autant plus petite que l'objectif est plus puissant.

On adapte alors au tube l'oculaire, et, si on ne l'a fait déjà, l'objectif dont on veut se servir, et l'on peut commencer les observations.

Le choix du système optique ou du grossissement sous lequel on veut examiner un objet n'est pas indifférent. On commence ordinairement par un grossissement faible qui donne une idée de l'ensemble de l'objet ; puis, avec un grossissement plus considérable ou une série de grossissements, on étudie d'une manière plus intime les détails de forme ou de structure.

On peut obtenir des grossissements croissants en employant des objectifs de plus en plus forts, et c'est le meilleur moyen. Mais on peut aussi arriver au même résultat en employant des oculaires plus forts. Les microscopes sont en général accompagnés de deux ou de trois oculaires de rechange, n°s 1, 2 et 3. Le n° 1 est le plus long et le plus faible, le n° 3 le plus court et le plus fort ; il donne

en général un grossissement deux fois plus grand que le n° 1, et le n° 2 donne un grossissement intermédiaire. C'est pourquoi les auteurs indiquent ordinairement qu'on doit commencer à étudier un objet avec un objectif moyen et l'oculaire n° 2, de manière à ce qu'en remplaçant successivement cet oculaire par les deux autres, on obtient tout de suite la vue de l'objet sous des amplifications plus faibles et plus grandes sans toucher à l'objectif.

Toutefois les grossissements obtenus avec les oculaires diminuent de beaucoup la lumière et beaucoup plus que les objectifs ne le feraient pour donner la même amplification avec un oculaire relativement faible. Les oculaires très-forts, le n° 4 de Nachet, par exemple, sont difficiles à employer avec les objectifs très-puissants, la lumière se trouvant ainsi tellement diminuée que les contours de l'objet perdent leur netteté. Il faut alors avoir recours à un oculaire plus faible.

On peut encore obtenir une amplification en allongeant le tube du microscope ainsi que le font les opticiens anglais dont le tube a un *tirage* considérable et gradué, et M. Mirand, à Paris, qui fabrique des microscopes se rapprochant de la forme anglaise. Mais par ce moyen, on perd beaucoup de lumière, et l'on peut en faire l'expérience sur toute espèce de microscope : en soulevant l'oculaire, sans le retirer du tube, de manière à allonger celui-ci, on voit l'image grandir et s'assombrir en même temps.

En résumé, pour obtenir le grossissement, il vaut mieux employer des objectifs plus forts avec des oculaires moyens. Les objectifs coûtent, il est vrai, plus cher, mais avec eux seulement on peut obtenir, sous le point de vue de la netteté de l'image, des résultats parfaits. En adaptant au tube du microscope le révolver porte-objectif de Nachet muni de deux objectifs, dont l'un moyen et l'autre fort, on peut changer le grossissement instantanément et sans perte de temps.

Le microscope étant garni de l'objectif et de l'oculaire dont on a fait choix, on dépose sur la platine l'objet à examiner.

Cet objet a été, nous n'avons plus besoin de le dire, soumis préalablement à la préparation nécessaire pour en rendre l'étude possible. On a détaché l'organe animal ou végétal, le fragment de

tissu, le corpuscule qu'on veut examiner, on l'a disséqué dans un peu d'eau, dans de la glycérine ou dans tout autre liquide approprié, et étalé, sous une épaisseur aussi petite que possible, à la surface d'une lame porte-objet. Au besoin, on s'aide d'une loupe, et la loupe sur pied qui accompagne ordinairement le microscope est fort commode pour cet usage. L'objet convenablement étalé, on ajoute une petite goutte d'eau, de glycérine, etc., et on le couvre d'une lamelle mince. Pour cela, on prend la lamelle, parfaitement propre, avec une pince ou avec les doigts, en ayant soin de ne pas en toucher les surfaces pour ne pas les obscurcir avec la transpiration de la peau, et on la pose doucement sur l'objet en l'appuyant d'abord par un côté et la rabattant ensuite à plat, de manière à ne pas emprisonner de bulles d'air, ou le moins possible, dans l'épaisseur de la couche liquide comprise entre les deux verres. S'il est nécessaire, et si la consistance de l'objet le permet, on comprime légèrement en interposant un petit morceau de papier entre le verre mince et le doigt. On chasse ainsi vers les bords les petites bulles d'air qui ont pu être enveloppées dans le liquide.

Quant au liquide lui-même, il faut toujours l'employer en assez petite quantité pour qu'il ne déborde pas la lamelle afin de ne pas mouiller l'objectif, si celui-ci vient à toucher la préparation, ce qui peut arriver quand on se sert de forts grossissements.

La lamelle mince est employée pour rendre la surface de sortie des rayons qui ont traversé la préparation parallèle à la surface d'entrée, afin d'éviter la dispersion de ceux-ci. En même temps, elle empêche la lentille de tremper dans le liquide qui baigne la préparation.

Il faut toujours veiller à ce que, dans les mouvements qu'on imprime à la préparation sous l'objectif, la lentille frontale ne soit pas mouillée, surtout par les réactifs que l'on emploie dans certains cas, et l'essuyer avec soin aussitôt qu'on s'est aperçu que cet accident est arrivé.

Si l'objet est très-délicat, s'il a une certaine épaisseur et que la pression de la lamelle puisse le déformer, on interpose sous la lamelle deux petites bandes de papier dont l'épaisseur préservera l'objet et l'empêchera de s'écraser.

L'objet ainsi disposé, on place la préparation sur la platine, au milieu de l'ouverture du diaphragme qu'on a choisi d'autant plus petit qu'on veut observer sous un grossissement plus fort, il ne reste plus qu'à mettre le microscope au point.

Pour regarder dans le microscope, on se sert ordinairement de l'œil gauche en fermant l'œil droit pour que la vision soit plus nette. On peut, d'ailleurs, observer de l'œil droit et fermer l'œil gauche, suivant qu'on en a l'habitude. Il est utile de s'exercer à observer alternativement avec chacun des deux yeux. Quelques micrographes conseillent de tenir ouvert l'œil qui n'observe pas, mais on obtient ainsi des effets de *double vue*, que nous indiquerons plus tard et qui sont toujours gênants, à moins qu'on n'ait une grande habitude de cette pratique.

On *met au point* en descendant le tube du microscope par le mouvement rapide, coulant ou crémaillère, jusque près de la préparation. Il faut avoir soin de ne pas le descendre brusquement et de ne pas briser la préparation entre l'objectif et la platine. Aussi conseillons-nous aux commençants d'opérer de la manière suivante.

On regarde l'instrument de côté, les yeux fixés sur l'objectif, et l'on manœuvre la crémaillère tout doucement, ou bien on descend le tube dans le coulant en lui imprimant un mouvement de rotation sur son axe, ou mouvement de vis, jusqu'à ce que la lentille touche presque la lamelle. On applique alors l'œil sur l'oculaire et l'on remonte très-lentement le tube par le coulant jusqu'à ce qu'on voie apparaître dans le *champ* du microscope une image vague. En imprimant à la préparation un très-petit mouvement horizontal de va-et-vient, on reconnaît que l'image nuageuse opère le même mouvement (mais en sens contraire). On est donc certain que l'on a affaire à l'image de la préparation. On place alors la main sur le bouton de la vis micrométrique et on le fait tourner d'une petite fraction de tour dans un sens ou dans l'autre. Si l'image s'efface, on tourne en sens contraire, et bientôt on la voit se former d'une manière nette. L'instrument est au point.

En opérant ainsi, c'est-à-dire en n'abaissant le tube par le mouvement rapide qu'en le surveillant des yeux jusqu'au contact de la lamelle, on ne risque point de briser celle-ci ; et lorsqu'on a l'œil

appliqué à l'oculaire on ne manœuvre le mouvement rapide que pour relever le tube, par conséquent on ne peut encore briser la préparation. Quant à la vis micrométrique, elle procède trop lentement pour qu'on ne soit pas averti par l'apparition et la disparition de l'image qu'on a atteint et dépassé le moment de la mise au point.

Plus la lamelle est mince, moins on s'expose à la briser, par ce procédé. Il est d'ailleurs utile de s'habituer à employer dès l'abord les lamelles les plus minces, afin que la même préparation puisse être examinée successivement sous tous les grossissements, même les plus forts, qui, en raison de l'extrême brièveté du foyer, exigent l'emploi de lamelles excessivement fines.

D'ailleurs, après quelques jours d'étude, on aura bientôt pris l'habitude de la mise au point sans longs tâtonnements, et lorsque la main connaîtra la rapidité ou la résistance des différents mouvements de l'instrument, on ne risquera que bien rarement de briser les lamelles.

La mise au point, du reste, n'est que relative. Quelque mince que soit l'objet examiné, son épaisseur est considérable relativement à la distance focale des lentilles, et il faudra encore, après qu'on aura amené au foyer la couche la plus superficielle de l'objet, abaisser l'objectif peu à peu, à l'aide de la vis micrométrique, afin d'obtenir l'image des couches plus profondes. Ce n'est donc que quand on aura ainsi plongé dans l'épaisseur des couches successives de l'objet que l'on pourra avoir une idée complète de sa structure (1).

De même, il faudra faire éprouver à la préparation de petits mouvements de latéralité pour étudier ses diverses parties dans un même plan. Il faut se rappeler que, le microscope renversant les images, les mouvements qu'on imprime à l'objet apparaissent en sens inverse. Ainsi, si l'on veut amener l'objet vers la droite de

(1) On comprend que la mise au point peut se faire aussi en élevant ou en abaissant l'*oculaire* dans le tube où il peut être adapté à frottement dur, ou bien à l'aide d'une crémaillère. Ce procédé, qui est très-souvent employé, est très-sensible, car alors qu'il faut un mouvement presque imperceptible de l'objectif pour obtenir *une* mise au point exacte, il faut encore un grand déplacement de l'oculaire, ce qui permet de mettre au point très-exactement pour les différentes profondeurs de la préparation et d'apprécier très-nettement la superposition des objets qui y sont contenus. Ce procédé exige une main exercée.

l'observateur, il faut le pousser vers la gauche; si l'on veut l'amener en avant, il faut le pousser en arrière. Les mouvements doivent être naturellement très-courts, car ils sont agrandis dans la même proportion que l'objet. C'est pour répondre à ces exigences que l'on a inventé le chariot mobile, mais on prend bien vite l'habitude de manier les objets sous le microscope et l'on trouve bientôt que les doigts sont plus sûrs et plus précis ; on se rend ainsi mieux compte de ce qu'on fait qu'avec l'intermédiaire des vis et des plaques du chariot mobile.

Après qu'on a terminé une observation, on relève un peu le tube, pour retirer plus facilement la préparation et pour empêcher qu'une secousse maladroite ou un accident quelconque ne vienne enfoncer l'objectif jusque sur la lamelle et ne la brise. Puis, on procède, s'il y a lieu, à une autre observation sous un grossissement différent, soit en changeant l'objectif, soit en changeant l'oculaire, ou bien on procède à une autre préparation.

Si l'on doit employer les réactifs, on prend une goutte du liquide dont on veut essayer l'effet, au bout d'une baguette en verre, et on la dépose sur le porte-objet contre le bord de la lamelle. Le réactif pénètre par capillarité entre les deux verres, et l'œil, appliqué sur l'oculaire, peut suivre son effet au fur et à mesure qu'il se produit. On peut hâter l'introduction du liquide sous la lamelle en déterminant une aspiration, de l'autre côté du verre mince, avec un pinceau mouillé, mais exprimé, qui fait éponge, ou un petit morceau de papier brouillard. C'est lorsqu'on emploie les réactifs, surtout les acides, qu'il faut avoir soin de ne pas en mouiller les lentilles dont les montures métalliques pourraient être attaquées. Si, en retirant la préparation trop brusquement et sans relever le tube, on touche la lentille avec le réactif, qui d'ailleurs ne doit jamais rester qu'en très-petite quantité sur le porte-objet, il faut aussitôt retirer l'objectif et laver la lentille avec de l'eau pure, ou légèrement ammoniacale si le réactif est acide.

Les détails que nous venons de donner s'appliquent à l'examen des préparations sous les objectifs à sec. L'emploi des objectifs *à immersion* et surtout celui des objectifs à *immersion et à correction* nécessiterait des indications supplémentaires que nous ne pouvons

que résumer. Ces objectifs ne s'appliquent qu'aux grossissements les plus considérables qu'on ait encore pu réaliser, et ne s'emploient ordinairement, et surtout utilement, que lorsqu'on a acquis une certaine expérience du microscope.

Les objectifs à immersion sont construits, on le sait, de façon à ce que la lentille frontale soit plongée dans un liquide, par exemple dans de l'eau distillée. Ils donnent une grande netteté d'image et possèdent une plus grande distance focale qu'un objectif à sec de même grossissement. Pour les employer, on projette l'haleine sur la lentille frontale pour l'humidifier légèrement et faciliter l'adhérence de l'eau, puis on dépose sur elle, avec une baguette de verre, une goutte d'eau distillée et une goutte sur la préparation; on abaisse doucement le tube du microscope jusqu'à ce que les deux gouttes se rejoignent, formant ainsi entre l'objet et la lentille une couche réfringente dont l'indice de réfraction est plus considérable que celui de l'air, ce qui allonge la distance focale. On met au point par les procédés ordinaires.

Si l'objectif est à correction (à sec ou à immersion, d'ailleurs), la mise au point est beaucoup plus délicate. Le système de correction a, comme on l'a vu, pour effet de rapprocher ou d'éloigner la première lentille, ou les deux premières, de la frontale, afin de corriger les aberrations variables dépendant de l'épaisseur plus ou moins grande du verre mince qui recouvre l'objet. Ces objectifs portent un collier et un index ou une division qui mesure le mouvement opéré par le collier lorsqu'on le fait tourner. L'objectif étant en place, l'index à son point de départ, on met au point et, l'image obtenue, on tourne le collier d'une petite quantité dans un certain sens, en rétablissant avec l'autre main, par la vis micrométrique, la mise au point qui a été légèrement altérée par la manœuvre de la correction. Si l'image paraît plus nette que précédemment, on continue de la même manière jusqu'à ce qu'on arrive à une netteté d'image qu'on ne puisse plus augmenter, mais qu'on détruit au contraire. C'est qu'on a atteint le point où la correction est aussi complète que possible. Mais si, en tournant le collier dans ce sens et rétablissant au fur et à mesure la mise au point, on rend l'image de plus en plus trouble, c'est qu'on se trompe sur le sens de la correction. On tourne

alors en sens contraire et l'on opère comme nous l'avons indiqué plus haut.

On est, d'ailleurs, guidé pour reconnnaître le sens dans lequel il faut tourner le collier de l'objectif par cette remarque : si le verre du couvre-objet est épais, il faut agir de manière à rapprocher les lentilles et pour cela on tourne le collier comme si on voulait le *visser;* si le couvre-objet est mince, il faut éloigner les lentilles les unes des autres et tourner le collier en *dévissant* (1).

Telles sont les corrections ordinaires et générales dans lesquelles se font les observations microscopiques. Ces indications succinctes suffiront pour guider les commençants dans l'emploi de leur instrument. Ce n'est que par l'expérience qu'ils se familiariseront avec le maniement du microscope et apprendront les petits artifices et les moyens divers à l'aide desquels on arrive à tel ou tel résultat particulier, artifices et moyens qui se résument à la perfection de la préparation, au choix heureux du grossissement, à l'emploi judicieux de l'oculaire et de l'objectif, et à la direction savante de l'éclairage.

CHAPITRE X

MICROMÉTRIE

I. Du grossissement.

La première question que vous adresse toute personne à la vue de votre microscope est la suivante :

— « Quel est son grossissement? »

(1) Beaucoup d'objectifs à correction portent un collier divisé en un certain nombre de degrés. De cette manière, on peut, par des observations préalables, savoir d'avance quelle division du collier il faut amener devant l'index pour établir la correction avec un couvre-objet d'une épaisseur connue. La correction se fera ainsi *grosso modo*, sans tâtonnements, et il suffira de la retoucher légèrement pour la rendre aussi parfaite que possible. Il faut alors connaître l'épaisseur, au moins approximative, du couvre-objet. On trouve chez les opticiens de petites machines destinées à mesurer cette épaisseur; beaucoup de microscopes anglais permettent de la déterminer à l'aide de la vis micrométrique du mouvemnnt lent (voir ci-dessus : Microscope de Beck); mais avec un peu d'habitude on reconnaît facilement si un verre est épais, mince, très-mince, ou extra-mince et cette seule observation suffit pour établir rapidement le *gros* de la correction. La plupart des préparations fines faites par M. J. Bourgogne, l'un des meilleurs préparateurs de l'Europe, portent toujours l'indication de l'épaisseur du couvre-objet.

Question à laquelle vous vous croyez obligé de répondre, en citant le plus gros chiffre possible.

Mais le questionneur serait bien surpris si vous lui répondiez :

— « Je ne sais pas. »

C'est cependant la seule réponse vraie à faire à sa question.

Et d'abord le microscope ne grossit pas du tout ; ce qui grossit, c'est l'objectif associé à l'oculaire, et, suivant que l'on emploie celui-ci ou celui-là, le grossissement est plus ou moins grand.

Mais le chiffre exact de ce grossissement ne peut en aucune façon être donné d'une manière certaine. Il a d'ailleurs beaucoup moins d'importance qu'on se l'imagine ordinairement, surtout quand on débute dans les études micrographiques. Ce qu'il importe le plus souvent de connaître, c'est la grandeur réelle des objets microscopiques, et on peut la mesurer exactement. Cette donnée étant acquise, si l'on sait, par exemple, qu'un corpuscule mesure réellement un centième de millimètre de diamètre, et qu'on en fasse le dessin en lui donnant un diamètre d'un centimètre, il est clair qu'on a représenté le corpuscule grossi mille fois.

Si l'on essaie de représenter directement sur le papier l'objet tel qu'on le voit dans le microscope, on s'aperçoit bientôt qu'on le dessine, le plus souvent, beaucoup trop grand, et même qu'on est dans une incertitude complète sur les dimensions à donner au dessin ; il arrivera même qu'on ne dessinera pas les différentes parties de l'objet à la même échelle.

Si l'on emploie la chambre claire qui, au moins, projettera l'image sur le papier en rétablissant ses proportions, on reconnaîtra, ce que tout le monde sait, que la grandeur de l'objet croîtra à mesure que la distance entre l'œil et le papier augmentera ; et *vice versà*.

De sorte qu'avec le même système optique, on pourra représenter le même objet à des échelles très-variées.

Enfin, si l'on veut établir une distance constante, afin d'avoir toujours des dessins à la même échelle et comparables entre eux, et que l'on place le papier à une distance de l'œil égale à 22 centimètres, représentant ce que l'on appelle la distance de la vision distincte, on reconnaîtra que le dessin sera toujours presque deux fois plus grand que l'image vue dans le microscope.

Quant à la notion de l'amplification absolue et mathématique fournie par le système optique du microscope, elle n'apparaît ici nulle part.

Et cette incertitude sur ce chiffre du grossissement tient tout simplement à ceci :

L'image réelle de l'objet fournie par l'objectif et qui se forme dans l'ouverture du diaphragme, au foyer du verre de l'œil, est vue à la loupe par ce dernier verre. Or, on sait que le grossissement obtenu à la loupe est dû à ce que l'angle visuel, suivant lequel l'image est perçue par la rétine, est plus ouvert, et que l'œil, par un effet d'habitude ou d'expérience, reporte cette image à la distance minimum d'où lui proviennent ordinairement les rayons émanés des corps éclairés dont il a distinctement la perception, c'est-à-dire à une distance de la vision distincte, évaluée généralement à 22 centimètres. Ainsi reportée à 22 centimètres, cette image prend un accroissement considérable.

C'est là précisément qu'est l'erreur : l'image observée dans le microscope n'est pas reportée à une distance de 22 centimètres, mais à une distance beaucoup moindre et qui, évidemment variable suivant la vue de chaque observateur, varie aussi avec le système optique employé, et dans le même sens, augmentant quand l'amplification est plus grande, diminuant quand l'amplification est plus petite, mais restant toujours inférieure à 22 centimètres.

M. Ch. Robin a trouvé qu'en employant l'oculaire n° 3 Nachet, l'objectif n° 0, par exemple, donne une image large de 10 millimètres dans le microscope, laquelle image doit être projetée à une distance de 11 centimètres 1/2 (et non 22 centim.) du verre de l'œil pour qu'elle ait, sur le papier où on la trace, la même largeur, 10 millimètres. Reportée à une distance de 22 centimètres, l'image est, comme nous l'avons dit ailleurs, presque doublée et mesure 19 millimètres au lieu de 10. Avec un grossissement plus considérable, par exemple l'objectif n° 3, l'image est vue à la chambre claire sur le papier, avec les mêmes dimensions que dans le microscope (26 millimètres), à une distance plus grande que précédemment, 13 centimètres 1/2, toujours plus petite néanmoins que la dis-

tance de 22 centimètres, distance à laquelle l'image est presque double, 48 millimètres.

Avec l'objectif n° 8, l'image dans le microscope a 56 millimètres, et elle apparaît, dans la chambre claire, avec cette même dimension à la distance de 16 centimètres 1/2, tandis qu'à 22 centimètres, elle a pris l'amplification de 75 millimètres.

Nous avons reproduit ces expériences et avons obtenu, à très-peu de choses près, les mêmes résultats.

Telle est la raison en vertu de laquelle tous les chiffres donnés dans les catalogues, comme représentant les grossissements obtenus avec un système objectif quelconque (oculaire et objectif) et mesurés à 22 centimètres du verre de l'œil, sont beaucoup trop forts, car ils ne correspondent pas à la dimension de l'image, telle qu'on la voit dans le microscope, mais à la dimension d'une image beaucoup plus grande.

Pour avoir le chiffre exact de la dimension de l'image, telle qu'on la voit dans le microscope, il faut mesurer cette dimension à une distance beaucoup plus petite que 22 centimètres, parce que la loupe constituée par l'oculaire ne reporte pas l'image à la distance ordinaire de la vision distincte, mais beaucoup plus près.

Toutefois, ces mesures, même faites dans ces conditions défectueuses, sont encore utiles, car elles permettent, dans tous les cas, de mesurer le grossissement relatif de deux ou de plusieurs objectifs employés avec les mêmes oculaires ou avec des oculaires différents, et de reconnaître, par exemple, que l'un amplifie les objets deux, trois, etc., fois plus que l'autre.

Il est donc utile de connaître les procédés qui permettent de mesurer ces pouvoirs amplifiants relatifs, ceux qui peuvent donner les grossissements que M. Ch. Robin appelle *réels*, et enfin les moyens à l'aide desquels, indépendamment du grossissement fourni par le système, on peut mesurer exactement les dimensions des objets microscopiques.

La mesure du grossissement donné par un objectif et la mensuration des dimensions absolues d'un objet vu à l'aide de cet objectif constituent deux ordres d'opérations absolument indépendantes.

L'une et l'autre se font à l'aide d'instruments qu'on appelle *micromètres*.

Des micromètres. — On appelle *micromètre* une lame de verre sur laquelle on a gravé avec une pointe de diamant, à l'aide de la machine à diviser, une série de traits parallèles ou de divisions à des distances parfaitement exactes et connues.

Beaucoup de physiciens s'occupèrent de la construction des micromètres : Gascoigne, Huyghens, Malvasia, Ausout, B. Martin, Fraunhofer; mais c'est surtout à Le Baillif (1820-1826) que l'on doit les principaux perfectionnements apportés à leur construction aujourd'hui très-simple.

On distingue deux sortes de micromètres : le *micromètre objectif* et le *micromètre oculaire*.

Micromètre objectif. — Cet instrument est formé d'une petite lame de verre sur laquelle une longueur d'un millimètre a été divisée en 10, 100, 500 et même 1,000 ou 2,000 parties. Le plus souvent on se sert de micromètres donnant le centième de millimètre.

La petite lame de verre est enchâssée dans une ouverture pratiquée au centre d'une plaque de laiton qui permet de la placer sur la platine. Les divisions, comme on le pense, ne se voient pas à l'œil nu ou seulement sous une incidence rasante, et l'ensemble apparaît alors comme une petite ligne dépolie et irisée. Elles sont même souvent assez difficiles à trouver avec le microscope et l'on est parfois obligé de les chercher longtemps, si l'on n'a eu le soin de marquer sur le verre, avec deux petits points à l'encre, l'endroit où commence la division et celui où elle finit.

Avec les objectifs faibles, on ne peut la distinguer qu'en employant le miroir plan ou en n'éclairant que faiblement la lame de verre.

Micromètre oculaire. — Le micromètre oculaire est une lame de verre semblable, mais qui porte ordinairement un centimètre divisé en 100 parties, c'est-à-dire en dixièmes de millimètre, ou un demi-centimètre divisé en 50 parties, c'est-à-dire encore en dixièmes de millimètre. Ce micromètre se place dans l'oculaire. Il est enchâssé dans une bague métallique que l'on fixe, en dévissant le

verre de l'œil, sur le diaphragme de l'oculaire; mais on comprend qu'il ne se trouve pas ainsi exactement au point, très-voisin du foyer du verre de l'œil, où, selon la vue de chaque observateur, il doit être placé pour être vu directement à la loupe de l'oculaire, point où se forme l'image donnée par l'objectif. Il faut donc qu'un petit mécanisme, qui varie avec chaque constructeur, permette de placer la division exactement au point voulu. Le mécanisme le plus simple consiste à le fixer à demeure dans un oculaire spécial, dont le verre de l'œil peut éprouver un petit mouvement d'avance ou de recul à l'aide d'un collier.

Il est très-utile que l'on connaisse, aussi exactement que possible, le pouvoir amplifiant du verre de l'œil; et il est très-utile surtout que cette lentille grossisse dix fois, parce que les dixièmes de millimètre prennent les dimensions des millimètres. Pour simplifier nos démonstrations, nous supposerons que l'oculaire micromètre est ainsi construit.

Mesure du grossissement. — 1° *Par la chambre claire.* — On place le micromètre objectif, divisé, par exemple, en centièmes de millimètres, sur la platine et l'on cherche la division que l'on met au point. On adapte la chambre claire et l'on reporte l'image de la division sur une feuille de papier placée sur la table, à 22 centimètres du prisme réflecteur. On trace l'image de la division sur le papier avec un crayon et on compare le dessin avec une règle divisée en millimètres.

Si chaque division du dessin, c'est-à-dire chaque centième de millimètre grossi, correspond à un millimètre de la règle, c'est qu'il est grossi cent fois ; s'il correspond à deux millimètres de la règle, c'est qu'il est grossi deux cents fois, et ainsi de suite.

Ce procédé est fort simple, comme on voit, et c'est celui qu'on emploie ordinairement. Il est inexact cependant, parce que la dimension de l'image est mesurée à 22 centimètres, mais il est employé généralement; ses données, entachées toutes d'une erreur sensiblement égale, sont comparables et permettent d'apprécier les pouvoirs relatifs des instruments.

Si, par un procédé que nous indiquerons plus loin, on prenait la distance à laquelle l'image a la même dimension dans le micro-

scope et dans la chambre claire, et qu'on la comparât à cette distance avec la règle divisée, on aurait la mesure réelle du grossissement, sauf l'erreur personnelle.

2° *Par la double vue.* — Au lieu d'employer la chambre claire, on peut regarder d'un œil dans le microscope, et de l'autre un compas dont les pointes sont placées sur la table, dans un plan situé à 22 centimètres du verre de l'œil, on voit ainsi à la fois les divisions du micromètre et les pointes du compas, et avec un peu d'habitude, on arrive facilement à superposer les deux images. En tâtonnant un peu, on prend avec le compas la mesure d'une ou plusieurs divisions du micromètre, et on en compare l'écartement aux divisions de la règle.

Le même calcul que précédemment donne la mesure du grossissement avec la même erreur, puisqu'elle est prise à 22 centimètres. On pourrait la rectifier en la prenant à la distance déterminée d'avance où l'image apparaît au dehors avec les dimensions qu'elle a dans le microscope.

Au lieu d'un compas, on peut regarder directement la règle divisée, de l'œil droit, pendant que, de l'œil gauche, on observe l'image du micromètre dans le microscope, et surperposer cette dernière aux divisions de la règle sans l'intermédiaire du compas.

3° *Par le micromètre oculaire.* — Si l'on place un micromètre divisé en dixièmes de millimètre au foyer du verre de l'œil, ou plutôt au point même où vient se former l'image réelle donnée par l'objectif, on comprend que l'image se trouve ainsi transportée sur l'étalon même destiné à la mesurer, et elle est perçue en même temps que celle de l'étalon, transportée avec elle par le même oculaire dans la même direction, sur le même axe optique, et à la même distance, quelle que soit d'ailleurs cette distance, 22 centimètres, 13 centimètres 1/2, ou toute autre. L'erreur provenant de la fausse appréciation de la distance à laquelle est reportée l'image est donc éliminée, et l'on obtient ainsi le *grossissement réel* formé par un système optique.

Supposons en effet que le micromètre objectif soit divisé en centièmes de millimètre et le micromètre oculaire en dixièmes. *Si le verre de l'œil grossit exactement dix fois*, les dixièmes de

millimètre apparaîtront comme des millimètres. On cherche alors à établir la coïncidence d'une division du micromètre objectif avec une division du micromètre oculaire. Si l'on trouve, par exemple, qu'un centième de millimètre apparaît grand comme un millimètre (c'est-à-dire que les divisions des deux micromètres se correspondent), c'est que le système optique grossit 100 fois. S'il apparaît grand comme trois millimètres (c'est-à-dire si une division du micromètre objectif est couverte par 3 divisions du micromètre oculaire), c'est que le grossissement est de 300 fois.

Mais on comprend qu'une condition indispensable est que le verre de l'œil grossisse 10 fois, ou au moins que son pouvoir amplifiant soit exactement connu, afin qu'on sache quelle fraction de millimètre représentent les divisions du micromètre oculaire vues à l'aide de ce verre. Une loupe qui grossit 10 fois possède une aberration de sphéricité assez considérable qui déforme les images sur les bords et agrandit les divisions extrêmes du micromètre oculaire. Il faut donc opérer les mesures avec les divisions centrales ou, ce qui est plus commode, employer un micromètre qui n'ait que 1/2 centimètre de longueur, divisé en 50 parties, plutôt qu'un centimètre divisé en 100 parties.

Dans le cas où aucune division du micromètre objectif ne coïncide avec celles du micromètre oculaire, on compte combien de divisions du premier recouvrent les 50 divisions du second et on divise ce nombre 50 par celui des divisions recouvertes du micromètre objectif.

Exemple (objectif n° 5 Nachet, oculaire n° 3) : 50 divisions du micromètre oculaire recouvrent 8 divisions 3/4 = 8,75 du micromètre objectif. Divisant 50,00 par 8,75 et poussant la division jusqu'aux centièmes (il faudrait la pousser jusqu'aux dixièmes ou jusqu'aux millièmes, si le micromètre objectif était divisé en dixièmes ou en millièmes de millimètre), on obtient 5,71. L'objectif n° 5 de Nachet grossit donc 571 fois avec l'oculaire n° 3.

Autre exemple (objectif n° 9 Hartnack, oculaire n° 4 H.) : 50 divisions du micromètre oculaire couvrent 7 divisions 1/3 = 7,33 du micromètre objectif. Divisant 50,00 par 7,33 et poussant la division de manière à obtenir deux chiffres de plus au quotient (centièmes)

on trouve 682. L'objectif n° 9 Hart. grossit 682 fois avec l'oculaire n° 4 H.

Inversement, si le grossissement est trop faible pour que les 50 divisions du micromètre oculaire soient couvertes par le micromètre objectif tout entier, on divise le nombre des divisions du micromètre oculaire recouvertes par le micromètre objectif, par 100, nombre des divisions du micromètre objectif.

Ainsi (objectif n° 0 Nachet, oculaire n° 3) : le micromètre objectif tout entier (100 centièmes) recouvre 45 divisions seulement du micromètre oculaire. Divisant 45 par 100, le quotient 0,45 marque que le système optique grossit 45 fois. Il s'accompagne de cette forme fractionnaire parce qu'il est plus petit que 100.

On voit que le nombre des divisions du micromètre oculaire recouvertes par la division entière du micromètre objectif indique, sans aucun calcul, le grossissement avec les objectifs dont le pouvoir amplifiant est inférieur à 100. Nous supposons, bien entendu, dans tous ces calculs, que le verre de l'œil, dans l'oculaire n° 3 de Nachet ou n° 4 de Hartnack grossit exactement 10 fois.

II. Mesure de la dimension de l'image dans le microscope.

On comprend que le micromètre oculaire permet de mesurer la dimension de l'image dans le microscope, car elle se forme précisément sur le micromètre, et si les divisions de celui-ci sont grossies 10 fois par le verre de l'œil, c'est-à-dire représentent des millimètres, le nombre de divisions qui sera couvert par l'image donnera son diamètre en millimètres.

Ayant ainsi mesuré la dimension de l'image avec un système optique donné, on peut adapter la chambre claire et, si l'on a trouvé que l'image mesurée dans le microscope a, par exemple, 16 millimètres de largeur, rechercher à quelle distance de l'œil il faut placer le papier pour que l'image s'y projette par la chambre claire avec une largeur de 16 millimètres.

Cette distance est celle à laquelle l'image est reportée avec le système optique adopté, oculaire et objectif. On peut déterminer

ainsi cette distance pour les divers systèmes optiques dont on dispose et s'en servir pour mesurer leur grossissement réel, si l'on éprouve de la difficulté à employer la méthode de comparaison directe du micromètre objectif avec le micromètre oculaire telle que nous l'avons donnée ci-dessus.

En effet, si l'on place le micromètre objectif sur la platine et qu'on dessine sur une feuille de papier, à la chambre claire, l'image des divisions, prise pour chaque système optique à la distance qui lui correspond comme étant celle où l'image est reportée avec ce système, on obtiendra un dessin qui représentera les divisions du micromètre objectif exactement sous les dimensions qu'elles ont dans le microscope. En comparant ces divisions tracées sur le papier avec une règle divisée, on obtiendra le grossissement réel absolument comme par le procédé ci-dessus, ainsi qu'on le concevra facilement.

III. Mesure des objets microscopiques.

Nous avons dit que la mensuration du pouvoir amplifiant d'un système optique quelconque et la mensuration d'un objet, vu avec ce système, ou avec un autre, constituent deux opérations tout à fait distrinctes ; on a su, d'ailleurs, pratiquer la seconde avant de savoir mesurer le grossissement donné par un objectif.

Les résultats qu'on recherche dans ces deux opérations sont, du reste, bien différents : on conçoit que le pouvoir amplifiant d'un système varie si l'on change l'objectif ou l'oculaire, mais la dimension absolue d'un corps ne change pas, quel que soit le système ; s'il a 25 centièmes de millimètres de diamètre en réalité, il les aura toujours, qu'on l'examine avec un objectif grossissant 300 fois ou 500 fois.

Leeuwenhoek, le premier, essaya de se rendre compte du diamètre des corps microscopiques en les comparant à des objets de grandeur connue. Ainsi, il mesurait le diamètre d'un certain nombre de grains de sable dont il plaçait plusieurs l'un à la suite de l'autre dans la longueur d'un pouce. Il évaluait ainsi en lignes ou fractions

de lignes, le diamètre de ces grains et les plaçait ensuite sur le porte-objet à côté du corpuscule dont il voulait mesurer la grosseur et comparait celui-ci aux grains de sable.

Jurine se servait de fils métalliques coupés en petits morceaux ; d'autres observateurs employèrent différents corps du même genre, mais, outre leur difficulté naturelle d'exécution, ces procédés ne donnent aucun résultat certain.

Parmi les méthodes, assez nombreuses, employées dans ce but, nous citerons les suivantes :

1° **Par le pouvoir amplifiant.** — Si l'on a mesuré exactement le grossissement *réel* fourni par chaque système optique, on peut se servir de cette donnée pour déterminer d'une manière très-simple et très-exacte, la dimension vraie d'un objet microscopique.

Si l'on sait que tel objectif, n° 6 Nachet, par exemple, associé à l'oculaire n° 3, grossit *réellement* 600 fois, il est certain qu'on n'aura qu'à mesurer le corps en question avec le micromètre oculaire et autant il couvrira de ses divisions, autant il mesurera de six-centièmes de millimètre.

En effet, dans ce cas, 6 divisions (centièmes de millimètre) correspondront à une division du micromètre oculaire. Chacune des divisions de ce dernier correspondra donc à $\frac{1}{6}$ de division du micromètre objectif, c'est-à-dire $\frac{1}{6}$ de centième de millimètre $= \frac{1}{6} \times \frac{1}{100} = \frac{1}{600}$ de millimètre.

Si donc le corps à mesurer occupe 5 divisions du micromètre oculaire, c'est qu'il mesure $\frac{5}{600}$ de millimètre ou, en fractions décimales : $0,^{mm}$ 008 (1).

Si à l'objectif n° 6 Nachet, grossissant 600 fois, on substitue l'objectif n° 4 qui grossit à peu près 400 fois, on trouvera que le même corpuscule occupe sensiblement $3\frac{1}{2}$ divisions du micromètre oculaire,

(1) On prend souvent pour unité des mesures micrométriques le millième de millimètre et on le désigne par la lettre μ. Ainsi le corpuscule dont nous avons supposé qu'on recherche le diamètre mesurerait 8 μ.

c'est-à-dire $\frac{3\frac{1}{2}}{400}$ de millimètre $= \frac{\frac{7}{2}}{400} = \frac{7}{800}$ de millimètre ou, en réduisant en fractions décimales, 0^{mm}, 008.

Ainsi le diamètre du corps à mesurer est toujours égal à une fraction dont le numérateur est le nombre des divisions du micromètre oculaire occupées par l'objet, le dénominateur le grossissement réel du système.

Ce procédé est le plus exact, mais il implique la connaissance du grossissement *réel* du système optique et l'emploi de l'oculaire avec lequel ce grossissement a été mesuré, par exemple celui dont le verre de l'œil grossit 10 fois, lequel donne, comme on sait, directement le pouvoir amplifiant du système.

2° **Par le micromètre objectif.** — Si l'on pouvait toujours déposer le corpuscule à mesurer sur le micromètre objectif divisé en fractions connues de millimètre, en centièmes par exemple, au foyer de l'objectif, on mesurerait immédiatement ses dimensions, quel que soit l'oculaire employé, et ce procédé a en effet été souvent mis en usage.

Mais, sauf des cas très-rares, on ne peut faire les préparations microscopiques sur le micromètre même, il faut donc avoir recours à divers artifices.

Par la comparaison du micromètre objectif et du micromètre oculaire. — Quels que soient l'objectif et l'oculaire micromètre employés, on compte d'abord combien de divisions de ce dernier correspondent à une division du micromètre objectif, c'est-à-dire à un centième de millimètre. S'il faut 5 divisions du micromètre oculaire, par exemple, pour couvrir l'espace d'un centième de millimètre, c'est que chaque division vaut $\frac{1}{500}$ de millimètre. Si alors on substitue au micromètre objectif le corps à mesurer, et qu'il faille 3 divisions du micromètre oculaire pour couvrir le diamètre du corpuscule, c'est que celui-ci mesure $\frac{3}{500}$ de millimètre $= 0^{mm}$, 006.

On voit qu'il n'est question en aucune façon du grossissement, et l'on peut obtenir la mesure du corpuscule tout en ignorant complétement la valeur du pouvoir amplifiant du système. La seule

condition est que les deux micromètres soient correctement divisés.

Dans cette opération, il y a un point délicat qui consiste à établir exactement la coïncidence des divisions des deux micromètres, car il est très-rare qu'on obtienne des coïncidences parfaites, et les fractions ne doivent pas être négligées ; dans ces mesures, en effet, où il s'agit de quantités si petites, la moindre fraction négligée amène des erreurs considérables. C'est pourquoi, il faut toujours employer de forts grossissements qui permettent de mieux apprécier les fractions de division.

Il est même utile pour déterminer combien chaque division du micromètre oculaire comprend de divisions du micromètre objectif ou de centièmes de millimètre, il est utile de compter combien toutes les divisions de l'oculaire, 100 par exemple (s'il s'agit d'un centimètre divisé en 100 parties) recouvrent de divisions du micromètre objectif et de diviser 100 par ce nombre (1). On obtient ainsi une valeur plus exacte de la division de l'oculaire comparée à la division du micromètre objectif.

Ainsi, reprenons l'exemple précédent. Si, au lieu de couvrir exactement 5 divisions du micromètre oculaire, comme nous l'avons admis, chaque centième de millimètre objectif en couvre 5 divisions et une petite fraction difficile à apprécier, on comptera combien les 100 divisions oculaires couvrent de centièmes de millimètres ; on devrait en compter 20, mais, en raison de l'accumulation de toutes les petites fractions, supposons qu'on en compte 24. Chaque division du micromètre oculaire ne correspondra donc pas exactement à $\frac{1}{500}$ de millimètre, ou en fractions décimales à $0^{mm},002$, mais à 24 centièmes de millimètres divisés par 100 $= \frac{0,^{mm}24}{100} = 0^{mm},0024$.

Et si le corpuscule couvre, comme nous l'avons dit, 3 de ces divisions, son diamètre sera $3 \times 0,0024 = 0^{mm},0072$, c'est-à-dire un peu plus de 7 millièmes de millimètre, tandis que nous n'avions obtenu que 6 millièmes en négligeant la petite fraction. Or cette

(1) On divisera 50 par ce nombre si le micromètre oculaire ne comprend qu'un demi-centimètre divisé en 50 parties.

différence peut suffire à caractériser certains corps, ainsi les globules du sang qui auraient 0^{mm}, 007 de diamètre pourraient provenir du sang humain tandis qu'en n'évaluant, par suite de l'erreur due à la fraction, leur diamètre qu'à 0^{mm}, 006, on pourrait penser qu'ils n'appartiennent pas au sang de l'homme, mais par exemple à celui du cochon.

On peut construire une table des valeurs relatives des divisions de son micromètre oculaire pour tous les objectifs qu'on possède, et s'en servir pour mesurer immédiatement le diamètre des corpuscules, comme on le ferait avec la table des grossissements réels, en se servant toujours, bien entendu, du même oculaire micromètre.

3° **Par la chambre claire.** — Il y a plusieurs méthodes, dont l'une des plus commodes consiste à transporter sur le papier, à une distance déterminée, l'image de l'objet et à prendre sa mesure avec un compas qu'on reporte sur une règle divisée, ou à transporter directement l'image sur la règle. On a ainsi son diamètre en millimètres. Si c'est à cette même distance, 22 centimètres par exemple, qu'on a mesuré, par le procedé ordinaire, le grossissement du système optique adopté, on n'a qu'à diviser le nombre de millimètres obtenus par le chiffre du grossissement.

Ainsi, si l'image a 16 millimètres de diamètre et que le microscope, tel qu'il est monté, grossisse à *cette même distance* de 600 fois, le diamètre de l'objet est $\frac{16^{mm}}{600}$ ou 0^{mm}, 027.

On comprend que si le grossissement est exagéré à cette distance, le diamètre de l'image l'est dans la même proportion ; le rapport entre les deux quantités reste donc le même.

La grande difficulté est de faire la mesure du diamètre *exactement* à la distance à laquelle a été pris le grossissement ; la moindre différence amène des erreurs notables.

On peut encore transporter par la chambre claire l'image du micromètre objectif sur une feuille de papier, à *une distance connue,* et tracer avec un crayon les divisions telles qu'elles sont données. Si maintenant, *sans changer le système optique*, on remplace le micromètre objectif par le corpuscule à mesurer, on peut transporter son image sur les divisions qu'on vient de tracer et la mesu-

rer directement avec ces divisions qui, quel que soit le grossissement, connu ou inconnu, représentent des centièmes de millimètre.

On construit ainsi des tableaux étalons pour chaque combinaison d'objectif et d'oculaire et, pourvu que l'objet soit mesuré sur l'étalon correspondant au système optique avec lequel on l'examine et qu'on opère à la même distance, on aura la mesure du diamètre du corpuscule ; car, avec ces précautions, l'objet et la division micrométrique sont grossis dans la même proportion, quelle que soit d'ailleurs cette proportion.

Les mêmes opérations peuvent êtres faite *à la double vue*, sans chambre claire, mais elles sont encore moins précises parce que la distance à laquelle on pratique les deux opérations est alors bien plus facilement variable.

En somme, les procédés les plus précis sont ceux où l'on utilise la connaissance *certaine* du grossissement *réel* du système optique employé ou bien la comparaison du micromètre objectif avec le micromètre oculaire.

Toutes ces opérations faciles, mais délicates, sont de celles que l'on doit s'exercer à pratiquer sans tâtonnements et avec le plus de précision possible.

CHAPITRE XI

PRÉPARATION DES OBJETS MICROSCOPIQUES

I. Des produits.

L'objet que l'on désire conserver ayant été convenablement préparé, durci, coloré, lavé, dégraissé, séché, ainsi que nous l'indiquerons au fur et à mesure, il s'agit de le déposer sur une lame de verre porte-objet et de le recouvrir d'une lamelle.

Certains objets peuvent se conserver à sec, c'est-à-dire sans l'interposition d'aucun liquide autre que celui, *vernis*, *lut* ou *ciment* qui sert à fixer à demeure la lamelle sur le porte-objet, d'autres se conservent dans les *baumes* ou *térébenthines*, d'autres enfin dans

des liquides conservateurs très-divers, glycérine, chlorure de calcium, liquides de Pacini, etc., etc., et qui varient suivant la nature de l'objet à conserver.

Nous allons indiquer rapidement la composition des plus importants de ces vernis, baumes et liquides, et nous exposerons ensuite comment on les emploie pour faire les préparations à conserver.

Des vernis.

On appelle, en général, *vernis*, *luts* ou *ciments*, des substances solides ou demi-solides qu'on ramollit par la chaleur et qui servent à cimenter la lamelle sur le porte-objet. On en emploie plusieurs.

Vernis au bitume. — Ce vernis, le plus souvent employé, a pour base le *bitume* ou *asphalte de Judée.*

Cette matière, noire ou d'un brun noir, doit être choisie de bonne qualité et se dissolvant bien dans les essences.

On la concasse et on l'introduit dans un vase à large ouverture avec un volume à peu près égal d'essence et on la laisse digérer pendant plusieurs jours en remuant de temps à autre le mélange avec une baguette de verre.

On peut se servir comme dissolvant de diverses essences plus ou moins volatiles et, selon qu'elles sont plus volatiles, le vernis sèche plus rapidement. Il y a un avantage pour la rapidité des préparations à ce que la dessiccation du vernis soit assez rapide, cependant il ne faut pas qu'elle le soit trop, parce qu'alors le ciment devient sec, cassant et se fendille facilement.

Les essences de *térébenthine*, de *lavande spic* ou *aspic*, de *mirbane* dont la température d'ébullition varie entre 150 et 210° peuvent être employées, mais la *benzine* (bouillant à 86°) est préférable.

On doit obtenir un mélange ayant la consistance d'un sirop très-épais et une homogénéité parfaite.

Vernis au bitume avec mixtion des doreurs. — On prépare ce vernis en mêlant la dissolution de bitume avec la *mixtion des doreurs* qu'on trouve chez les marchands de couleurs ou de produits chimiques.

On fait le mélange en diverses proportions de manière à obtenir le degré de viscosité voulue.

Par exemple :

Mixtion des doreurs........................	1 à 2 parties.
Bitume dissous dans la térébenthine........	1 —

Vernis à la gomme laque. — Le vernis, formé d'une dissolution de *résine laque* dans l'alcool, se trouve tout préparé dans le commerce. C'est un bon ciment, mais il manque un peu de corps.

Vernis au baume du Canada. — Ce vernis est à peu près incolore; c'est l'un des moins salissants et des meilleurs comme résultat. On le prépare de la manière suivante :

On fait sécher au feu du *baume du Canada* jusqu'à ce qu'il soit absolument durci et on le dissout dans l'essence de térébenthine rectifiée ou mieux dans le *chloroforme*, de manière à obtenir un mélange sirupeux.

Ce ciment a l'avantage de pouvoir servir pour la conservation des objets en même temps qu'on peut l'employer pour luter les lamelles.

Des baumes ou térébenthines.

Baume du Canada. — La *térébenthine du Canada* est produite par l'*Abies balsamea* du Canada ; c'est la plus employée de toutes les térébenthines pour la conservation des objets microscopiques.

Elle est demi-fluide, incolore lorsqu'elle est récente et surtout lorsqu'elle est réduite en couches minces. Avec le temps, elle jaunit et se durcit, mais on peut la ramollir par la chaleur. Ordinairement, on la trouve sous forme d'un sirop épais, jaune pâle, complétement transparent, d'une odeur des plus suaves.

Elle se dissout très-bien dans le chloroforme et donne, comme nous l'avons dit, avec le dissolvant une substance précieuse pour conserver les objets et luter les couvre-objets.

On emploie le plus souvent le baume du Canada pur pour la conservation des objets.

On peut le dissoudre aussi dans la térébenthine, mais il est incomplétement soluble dans l'alcool.

Térébenthine de Venise. — Cette térébenthine dite aussi *térébenthine d'Alsace*, de *Strasbourg*, *térébenthine au citron* (à cause de son odeur) est produite par l'*Abies pectinata.* Elle a été employée d'abord par Lebaillif (1825) et remplacée, en 1832, par la térébenthine du Canada (par New et Bond, de Londres). On s'en sert peu actuellement.

La *térébenthine de Bordeaux*, du *Pinus maritima*, est peu employée à cause de sa couleur foncée, ainsi que celle *des Vosges*, provenant du *Mélèze* (*Larix Europæa*), à cause de sa lenteur à sécher.

Des liquides conservateurs.

Les liquides employés pour conserver les objets dans les préparations sont excessivement nombreux et varient avec tous les opérateurs. Les plus employés sont les suivants.

Glycérine. — Elle doit être pure, neutre, exempte de sels de plomb. Il est souvent utile de la mêler avec un peu d'eau distillée ou d'eau camphrée parce qu'à la longue elle donne parfois à certains objets une trop grande transparence.

Il faut ajouter de 2 à 4 gouttes d'acide acétique ou formique pour 60 grammes de glycérine, pour la conservation de la couleur dans les objets colorés ou injectés au carmin et au bleu de Prusse.

Elle sert à la conservation des parties dures ou cornées des animaux, des coupes de bois, des fécules, etc.

La *glycérine gélatinée* conserve très-bien tous les tissus animaux et devient assez solide pour dispenser de l'emploi d'un lut autour du couvre-objet. On en ramollit une petite quantité par la chaleur sur le porte-objet; on place dans la goutte l'objet à conserver qu'on recouvre d'une lamelle et on laisse sécher.

On la prépare ainsi :

Icthyocolle dissoute dans aussi peu d'eau chaude que possible....................	1 partie,
Glycérine................................	1 —

On obtient ainsi une gelée transparente qu'on liquifie par la chaleur au moment du besoin (Rodanowski).

Deane la prépare ainsi (*Deane's medium*) :

Icthyocolle	1 partie.
Eau chaude	1 à 2 parties.
Glycérine	1 —

La *glycérine gommée* conserve bien les animaux microscopiques, les plantes inférieures et les tissus végétaux :

Gomme arabique en dissolution épaisse	2 volumes.
Eau	2 —
Glycérine	1 —

La *glycérine alcoolisée* qui se prépare comme la précédente, en remplaçant les 2 vol. de gomme par 2 d'alcool, conserve les mêmes substances avec leur matière colorante.

Alcool. — L'alcool ne peut être employé pur parce qu'il rétracte trop les tissus; on peut en former néanmoins divers liquides conservateurs.

L'*alcool créosoté* a été employé par Thwaites pour la préparation des algues avec leur matière colorante.

Alcool	1
Eau distillée	14
Créosote, jusqu'à saturation.	

On filtre et on laisse reposer.

Eau camphrée. — Dans un flacon à moitié rempli d'eau on ajoute de l'alcool camphré et on secoue fortement; on remet de l'alcool camphré jusqu'à ce qu'un dépôt de camphre se forme. On agite une dernière fois et on filtre. On garde le liquide dans un flacon fermé hermétiquement.

L'eau camphrée sert surtout à la conservation des tissus végétaux et principalement des algues délicates.

Chlorure de calcium. — La solution de 1 partie en poids de chlorure de calcium sec dans 3 parties d'eau conserve très-bien la plupart des tissus végétaux, excepté les fécules (Schacht).

Bichlorure de mercure, sublimé corrosif. — Ce sel mêlé au chlorure de sodium, à la glycérine, etc., dans diverses proportions constitue les *liquides de Pacini* et de *Goadby*.

Les formules des liquides de Pacini sont assez nombreuses.

1re formule.	Bichlorure de mercure........	1	partie.
	Chlorure de sodium............	1	—
	Glycérine à 25° Baumé.........	13	—
	Eau distillée..................	113	—

On laisse reposer le mélange pendant deux mois et on en prend pour l'usage une partie qu'on ajoute à trois parties d'eau distillée et on filtre. C'est un très-bon conservateur des globules du sang, des nerfs, des ganglions et de tous les tissus animaux délicats.

2e formule.	Bichlorure de mercure..........	1	—
	Acide acétique.................	2	—
	Glycérine à 25° Baumé..........	43	
	Eau distillée..................	245	

Ce liquide, spécial à la conservation des globules blancs du sang, s'emploie comme le précédent.

Nous pouvons encore donner les trois formules suivantes qui s'appliquent la première aux globules du sang, la seconde aux cellules glandulaires, la dernière aux cellules épithéliales.

Bichlorure.........	1	—	1	—	1
Chlorure de sodium.	2	—	1	—	2
Eau................	200	—	100	—	100

Le liquide de Goadby ne réussit bien que pour les préparations des objets opaques.

Liquides d'Ordoñez. — Les différents liquides dont la composition a été donnée par Ordoñez peuvent servir à la conservation de de tous les tissus animaux et de quelques végétaux.

1°	Glycérine blanche........................	25	grammes.
	Eau distillée............................	10	—
	Tannin en poudre cristalline..............	0,50	centigrammes.
	Filtrez.		

Pour la conservation de la peau et des glandes.

2°	Glycérine pure...........................	5	grammes.
	Eau distillée............................	15	—
	Eau camphrée.............................	5	—
	Acide acétique...........................	5	gouttes.
	Filtrez et conservez dans des flacons bien bouchés.		

Pour la peau, les cartilages, les nerfs, les entozoaires, etc.

3°	Glycérine pure...........................	5	grammes.
	Alcool rectifié créosoté.................	1	—
	Eau de chaux.............................	1	—
	Eau camphrée.............................	15	—
	Eau distillée............................	15	—
	Filtrez.		

Pour les tissus fibreux, les muscles, les capillaires, etc., etc.

4°	Glycérine	1 gramme.
	Alcool rectifié	1 —
	Solution de bichlorure de mercure au 10me...	10 gouttes.
	Eau distillée	25 grammes.
	Filtrez.	

Pour la plupart des tissus, normaux ou pathologiques, les glandes, les nerfs, etc., etc.

5°	Eau distillée	20 grammes.
	Acétate d'alumine	1 —
	Filtrez.	

Pour les coupes des tissus colorés au carmin, les algues colorées, etc.

6°	Eau distillée	25 grammes
	Acide arsénieux	0,05 —
	Faites bouillir, filtrez et ajoutez.	
	Eau distillée légèrement camphrée	50 —

Pour la plupart des tissus animaux.

7°	Alcool créosoté	1 gramme.
	Eau distillée	25 —
	Filtrez.	

Pour les muscles, les tendons, les cartilages.

8°	Eau distillée	20 grammes.
	Chlorure de sodium	0,05 —
	Eau camphrée	1 —
	Filtrez.	

Pour les épithéliums, les cellules nerveuses, etc.

9°	Eau distillée	25 grammes .
	Glycérine	1 —
	Solution aqueuse d'acide chromique	1 —
	Eau camphrée	5 —
	Filtrez.	

Pour les tissus nerveux, les spermatozoïdes, les cellules à cils vibratiles, les tissus mous des invertébrés.

Liquide de Müller. — Cette dissolution peut être employée pour durcir certains éléments anatomiques. Elle conserve très-bien les éléments nerveux, ceux de la rétine, des glandes, etc., etc :

Eau	80 à 100 parties.
Bichromate de potasse	2 à 3 —
Sulfate de soude	1 à 2 —

Un grand nombre de dissolutions salines ont été employées, l'acétate d'alumine, l'alun, les sulfates de peroxyde de fer, de zinc, de soude, le chlorure de zinc, le chlorhydrate d'ammoniaque, le nitrate de chaux, le carbonate et l'arséniate de potasse, etc., etc.

Enfin, M. H. Van Heurck emploie l'huile fine des horlogers pour conserver beaucoup de préparations végétales, notamment celles qu'on exécute sur les pollens.

Nous ne pousserons pas plus loin l'énumération de ces différents liquides, nous réservant d'indiquer, chemin faisant, les quelques composés qu'on emploie d'une manière spéciale pour certaines préparations.

II. Préparation à sec des objets microscopiques.

Certains objets microscopiques sont d'une nature telle que l'on peut les conserver entre deux lames de verre, sans l'enterposition d'aucun liquide ou d'aucune térébenthine, par conséquent *à sec*, pour ainsi dire indéfiniment sans avoir à craindre qu'ils s'altèrent ou se décomposent.

Ces objets sont naturellement d'une consistance sèche minérale, tels sont les carapaces des Diatomées, des Foraminifères, les écailles des ailes des Lépidoptères, les élytres des Insectes, certaines parties dures et chitineuses de leur corps, comme les ailes, les tarses, les antennes ; puis, les coupes de bois, les cristaux, etc., etc.

Le nombre des corps que l'on peut ainsi conserver serait plus grand encore si l'on n'était tenu de leur donner la transparence qui leur manque souvent, ce qui nécessite l'emploi d'un liquide, et surtout d'éviter les réflexions de la lumière sur leurs surfaces libres. Mais, lorsqu'il s'agit de faire des préparations d'objets destinés à être examinés, non plus par transparence, mais à l'aide d'un éclairage au-dessus de la platine, beaucoup de substances peuvent être préparées à sec qui nécessiteraient l'emploi d'un liquide, si l'on voulait en faire des préparations transparentes.

Nous supposons que l'objet a été préalablement lavé avec soin dans l'eau, s'il s'agit de substances qui ne contiennent aucun élément graisseux, puis exactement séché; ou bien lavé dans l'essence de térébenthine rectifiée, puis dans l'alcool et enfin séché, s'il s'agit d'un corps animal, comme une section d'antenne d'insecte.

Le lavage dans l'eau pour les Diatomées, par exemple, consiste à les agiter, pendant un temps plus ou moins long avec de l'eau distillée froide, puis à les traiter par l'eau bouillante additionnée d'acide nitrique et à les retirer, soit avec une pipette, soit avec une pointe d'aiguille, pour les faire sécher sur une surface absorbante, comme du papier non collé, en ayant soin de les préserver de la poussière.

Le lavage dans la térébenthine consiste en une macération plus ou moins longue dans l'essence, puis, dans une autre digestion dans l'alcool concentré. La dessiccation se fait par le même procédé que précédemment.

Nous opérons ordinairement la dessiccation après les lavages dans l'eau en déposant les objets sur des lames de verre recouvertes d'une petite cloche sous laquelle est placée une capsule renfermant une matière avide d'eau, du chlorure de calcium desséché ou des fragments de pierre ponce imbibés d'acide sulfurique concentré.

On prend alors une lame porte-objet absolument propre et l'on dépose l'objet au milieu. Puis, on place à l'entour de petits fragments de baume du Canada solidifié. On saisit avec une pince fine ou bien avec les doigts une lamelle mince en ayant soin de n'en point toucher la face inférieure, afin que la transpiration de la peau n'en trouble pas la netteté, et on dépose doucement cette lamelle sur l'objet et les fragments de baume qui l'entourent. On chauffe doucement la préparation au-dessus d'une lampe à alcool : le baume fond et forme un cercle autour de l'objet. On appuie légèrement et à plat sur la lamelle, et on laisse refroidir. La préparation est terminée.

On peut, si l'on veut, faire avec le vernis au bitume un petit cadre sur les bords de la lamelle, cadre qui dépasse un peu ces bords sur le porte-objet.

Pour faire avec régularité ce petit encadrement qui n'est pas né-

cessaire dans ce cas, mais qui est indispensable quand on fait la préparation dans les liquides, on se sert d'un instrument appelé *tournette*.

Cet instrument consiste en un disque de cuivre qui tourne sur un pivot ; on place la préparation au centre du disque ; on pose l'extrémité du pinceau trempé dans le vernis en un point déterminé par le diamètre qu'on veut donner au cadre et l'on fait tourner le disque. Le pinceau restant immobile décrit un cercle du diamètre voulu.

Au lieu d'employer le baume à l'état solide pour fixer la lamelle sur l'objet, on peut, si l'on veut, l'employer à l'état sirupeux par petites gouttelettes déposées autour de l'objet. On chauffe de même, d'ailleurs, pour liquéfier la matière et déterminer l'adhérence des deux verres.

Il peut arriver que le corps à conserver soit assez épais pour qu'on ait à craindre de l'écraser ou de le déformer en le comprimant entre les deux lames de verre. On est alors obligé de maintenir un certain écartement entre ces deux verres et de faire ce qu'on appelle une *cellule*.

Pour cela, avant de déposer l'objet sur la lame de verre, on place sur celle-ci un petit cadre que l'on peut faire avec une rondelle de papier d'étain percée à son milieu d'un trou circulaire d'un diamètre convenable. Cette rondelle peut être collée avec un mélange de colle de poisson et de gomme arabique, ou bien avec un peu de baume dissous dans le chloroforme (il faut avoir soin de laisser sécher la colle). L'épaisseur du papier d'étain forme la profondeur de la cellule.

On fait des cellules avec des lames minces de caoutchouc ou de gutta-percha, ou mieux avec des lamelles de verre plus ou moins épaisses suivant la profondeur qu'on veut donner à la cellule, lamelles percées d'un trou au centre et que l'on trouve toutes faites chez les opticiens ou les préparateurs d'objets microscopiques.

Mais les plus employées sont les cellules faites au vernis.

Le meilleur vernis pour faire les cellules et le plus employé est celui dont nous avons donné précédemment la composition.

Mixtion des doreurs...........................	1 à 2 parties.
Bitume en dissolution dans l'essence de térébenthine....................................	1 —

On donne d'ailleurs au liquide la composition convenable pour obtenir un vernis plus ou moins épais suivant la profondeur qu'on veut donner à la cellule. Il est préférable de n'opérer le mélange qu'au moment de l'emploi.

Si l'on veut faire des cellules rondes, on se sert ordinairement de la tournette. On trace au pinceau sur le porte-objet un cadre formé avec du vernis plus ou moins épais, et l'épaisseur de la couche constitue la profondeur de la cellule. Si elle est trop faible, on la laisse sécher et l'on en applique une seconde couche ou même une troisième, jusqu'à ce qu'on ait obtenu l'épaisseur voulue.

On peut se servir des cellules aussitôt leur préparation, déposer l'objet au centre en laissant une certaine distance entre cet objet et les bords de la cellule, et appliquer délicatement le couvre-objet après avoir passé sur ses bords un peu d'huile d'amandes douces, ce qui n'est pas toujours nécessaire. Il suffit alors d'appuyer légèrement pour déterminer l'adhérence ; puis on cimente les bords à l'extérieur avec une nouvelle couche de vernis. Si l'on emploie les cellules sèches on passe sur les bords du couvre-objet un peu de blanc de plomb frais pour faciliter l'adhérence du verre et du vernis (1).

On emploie encore plusieurs autres vernis pour faire les cellules, mais les précédents nous paraissent les plus commodes et même le bitume dissous dans la térébenthine.

Quand on fait des préparations opaques, on doit noircir complétement, avec du vernis au bitume, le fond de la cellule, de manière à ce qu'aucun rayon de lumière ne puisse le traverser et gêner l'éclairage par dessus la platine.

(1) Le vernis préparé par M. J. Bourgogne père, conserve, même, après plusieurs semaines, assez de malléabilité pour qu'on puisse fixer la lamelle sur la cellule par la simple pression à l'aide de la planchette munie de ressorts sur lesquels on place les préparations, instrument inventé par cet habile préparateur.

III. Préparation des objets microscopiques dans les baumes, térébenthines, vernis, etc., etc.

Nous avons dit qu'on peut conserver indéfiniment des objets microscopiques disposés pour l'étude en les plongeant dans une couche de térébenthine de Venise, comme le fit, le premier, Lebaillif, en 1825, soit plutôt dans le baume du Canada, comme on le fait depuis 1832, d'après New et Bond. Plusieurs autres substances peuvent servir au même usage, toutefois le baume du Canada qui fournit d'excellents résultats est la plus employée et la plus commode.

On prépare dans le baume tous les objets qui ne sont pas gorgés de liquides aqueux, les corps de nature sèche, ligneuse, chitineuse, osseuse, etc., etc, et même certaines substances molles, quand elles sont convenablement préparées comme des coupes de la moelle épinière, les nerfs, etc.

Tous les objets qui peuvent être préparés à sec se conservent à plus forte raison dans la térébenthine et les vernis, et l'on emploie ordinairement ces substances quand les objets à préparer sont un peu volumineux.

Une précaution indispensable pour la préparation des objets, est qu'ils soient absolument privés d'eau, car l'eau et la résine étant insolubles l'une dans l'autre, cette dernière ne pénétrerait pas dans les interstices de l'objet à conserver qui ne présenterait pas la transparence voulue.

Il faut d'abord que l'objet soit parfaitement lavé, puis plongé dans un liquide où l'eau qu'il contient naturellement ou par suite du lavage, puisse se dissoudre : d'abord l'alcool ordinaire, puis l'alcool très-concentré ou absolu, qui remplace l'eau dans les pores de l'objet (1). L'immersion dans l'alcool peut être prolongée, selon la nature des corps, depuis une demi-journée jusqu'à deux ou trois jours. Après quoi, on doit remplacer, à son

(1) Si l'on employait tout d'abord l'alcool concentré, celui-ci produirait sur le corps à préparer une rétraction qui pourrait en changer la forme et la structure.

tour, l'alcool contenu dans les pores de l'objet par un autre liquide pouvant dissoudre la résine et s'associer avec elle ; car le baume du Canada n'est qu'incomplétement soluble dans l'alcool.

Ce pourra être l'alcoool méthylique (esprit de bois rectifié), ou mieux les essences de térébenthine, de lavande, de citron, de mirbane, la benzine, l'huile de naphte, etc. Le D[r] Arthur Chevalier a employé l'essence même qu'on obtient par la distillation du baume du Canada. Néanmoins, c'est l'essence de térébenthine rectifiée qu'on emploie le plus souvent.

Le corps est donc plongé dans l'essence de térébenthine pendant un ou plusieurs jours, ce qui achève de lui enlever les dernières parties grasses qu'il pourrait contenir.

Pour cette opération il faut employer de petits vases, ordinairement en verre, qui se ferment à l'aide d'une plaque de verre usée à l'émeri sur leurs bords. Ou bien on place une série de ces petits vases contenant les diverses préparations sur une plaque de glace dépolie, et on les recouvre d'une cloche de verre aux bords rodés sur la plaque. On préserve ainsi les préparations des poussières et des accidents.

Après quoi on sèche l'objet, en le comprimant entre des doubles de papier brouillard, et en même temps on peut lui donner la forme ou l'attitude la plus convenable à l'observation. Il est souvent utile dans ce cas de le comprimer en le plaçant entre deux lames de verre que l'on entoure d'un fil serré ou bien que l'on maintient appliquées à l'aide d'une pince en bois ou d'une petite presse à vis.

L'objet ainsi séché, il faut le tremper dans la térébenthine ou même le *pénétrer* avant de l'enfermer dans la résine. On le détache de la feuille de papier ou de la lame de verre avec la pointe d'une aiguille, ou bien en l'humectant de térébenthine ou même en le plongeant dans ce liquide, afin de l'en pénétrer.

On le laisse de nouveau dans la térébenthine pendant un temps plus ou moins long selon la nature de l'objet. On remplace souvent la térébenthine par différentes essences ou carbures d'hydrogène divers, l'*huile de naphte*, par exemple, l'*essence de girofle*, la *benzine*, etc., etc.

Puis, on procède à la préparation de l'objet dans le baume.

On prend un peu de baume au bout d'une baguette de verre et on le dépose au milieu d'une lame porte-objet parfaitement propre. Puis on le ramollit par la chaleur en le plaçant au-dessus de la flamme d'une lampe à alcool. Cette lampe est la plus commode à employer parce qu'elle ne donne pas de fumée. On chauffe avec précaution, à quelque distance de la flamme, en inclinant la lame de manière à répartir régulièrement la goutte de baume et en ayant soin de l'amener à la fusion sans ébullition. Il faut aussi veiller à ce que la résine ne s'enflamme point.

Le baume liquifié, il s'y forme ordinairement quelques petites bulles qu'il faut tâcher de rendre aussi rares que possible et que l'on crève, quand la matière est fondue, avec une aiguille chauffée, ou bien que l'on dirige avec une aiguille froide vers les bords de la goutte, quand celle-ci commence à se refroidir, et qu'on enlève.

Les bulles enlevées, on chauffe de nouveau jusqu'à fusion seulement, et, quand on voit se former des nuages dans la goutte liquide, on arrête la chaleur. On prend alors l'objet, déposé sur une feuille de papier brouillard, et, avec une pince fine, on le place sur le baume qui peu à peu est redevenu, sinon tout à fait solide, au moins demi-fluide. Il peut se faire alors que l'on ait besoin de disposer l'objet d'une certaine manière, ce qui demande souvent l'emploi de la loupe. Pour cela, on ramollit la préparation et on dispose l'objet à l'aide d'aiguilles emmanchées; puis on prend, avec la pince, le couvre-objet, et, après l'avoir chauffé légèrement pour le sécher et le rendre mieux adhérent au baume, on le dépose sur la goutte avec précaution et en ayant soin de ne pas emprisonner de bulles d'air. Il ne reste plus qu'à comprimer les deux lames de verre pendant le refroidissement du baume, pour déterminer leur adhérence, réduire l'épaisseur de la préparation et chasser vers les bords les quelques bulles d'air qui ont pu rester emprisonnées sous la lamelle. On peut presser sur le couvre-objet avec le doigt enveloppé d'un linge de batiste, ou bien se servir d'une pince en bois, de la pince de James Smith, d'une petite presse, d'un *compresseur* dont il existe plusieurs modèles, de la planchette à ressorts de M. J. Bourgogne, ou, tout simplement, de petits cylindres de plomb, de poids en cuivre qu'on pose sur le couvre-

objet et qu'on laisse à demeure pendant un temps suffisamment long.

Quand le baume est complétement refroidi, on examine la préparation à un faible grossissement, afin de juger de son ensemble et de voir si elle ne présente pas de défauts graves. Des bulles d'air emprisonnées sur ou sous l'objet doivent faire rejeter la préparation qu'on laisse dans la térébenthine jusqu'à ce que le baume soit dissous et l'objet rendu libre. On recommence alors à nouveau. Mais si quelques bulles ont été retenues dans la périphérie de la couche de baume, et si elles ne peuvent gêner l'observation, il n'y a aucune raison pour ne pas conserver la préparation qui sera tout aussi utile que si elle était absolument sans défauts, ce qui d'ailleurs est assez rare.

Le baume est long à sécher complétement dans l'intérieur de la préparation; on fera donc bien de laisser celle-ci sous une pression suffisante pendant plusieurs jours, afin que la lamelle ne se soulève pas et que, par suite du retrait de la matière liquide, il ne pénètre pas de bulle d'air sous le couvre-objet.

Au bout de quelques jours, ou même plus tôt si la température ambiante est peu élevée, on retire la préparation de la presse, on l'examine sous des grossissements divers et on la nettoie, c'est-à-dire qu'on enlève avec la pointe d'un canif l'excédant de la résine qui a débordé la lamelle, et on l'essuie avec un linge mouillé d'alcool ou de chloroforme pour dissoudre toute trace de baume extravasé ou répandu. On peut faire un cadre avec du vernis au bitume pour cimenter les bords du verre mince sur le porte-objet, mais cela n'est d'aucune utilité. On colle enfin avec de la colle forte liquide ou de la gomme, sur l'une des extrémités du porte-objet, une étiquette indiquant la nature de la préparation.

Une précaution très-utile à prendre lorsqu'on prépare des objets très-petits, une Diatomée unique, un Acare, par exemple, consiste à tracer sur le couvre-objet, avec un pinceau très-fin, trempé dans un vernis de bitume peu épais, un petit cadre autour de l'objet. Le cadre servira à trouver plus facilement l'objet lorsqu'on le recherchera avec un objectif un peu puissant. Sans cette précaution, on est exposé à tâtonner longtemps avant de réussir à amener dans le

champ du microscope l'objet excessivement petit qui fait tout l'intérêt de la préparation.

On peut faciliter beaucoup les manipulations à opérer sur la lampe à alcool en se servant d'une plaque métallique soutenue à une certaine distance au-dessus de la flamme, et sur laquelle on dépose le porte-objet. Cette plaque peut être fixée à l'aide d'un coulant et d'une vis de pression sur une tige de fer verticale, de manière à ce qu'on soit à même de l'élever ou de l'abaisser à volonté, au-dessus de la lampe, pour régler sa température. On emploie aussi un bain-marie fermé d'un couvercle plat dont la température ne s'élève jamais au-dessus de 100°. C'est sur cette plaque ou sur ce couvercle qu'on dépose les lames de verre avec la goutte de baume qui se liquéfie à la consistance voulue et reste liquide pendant tout le temps nécessaire aux opérations.

Nous avons parlé aussi de différents petits instruments qui servent à maintenir une pression sur le couvre-objet. La pince en bois, dite pince de Mohr, et qu'on trouve partout est très-commode, mais la pince de James Smith peut aussi servir à chauffer les préparations. Elle consiste en une petite lame de cuivre munie d'un rebord sur ses deux longs côtés et percée d'un trou à son centre. C'est sur cette lame qu'on pose le porte-objet dont la partie centrale, correspondant au trou de la lame de cuivre, peut être exposée à la flamme de la lampe. La plaque est d'ailleurs fixée à l'extrémité d'une tige métallique terminée par un manche. Sur la tige métallique est attachée une seconde tige à charnière, écartée de la première par un ressort et terminée à son extrémité libre par une petite boule d'ivoire. Cette petite boule est destinée à exercer la pression sur le couvre-objet, pression déterminée par une vis et un écrou, et qui peut, par conséquent, être graduée suivant le besoin.

Pour les préparations, on peut se servir de couvre-objets ronds ou carrés. Nous employons ordinairement les lamelles minces carrées qui nous servent aux observations extemporanées et qui nous semblent plus commodes à manier que les lamelles rondes, surtout quand il s'agit de faire des préparations dans les liquides.

Au lieu du baume du Canada, on emploie quelquefois différentes

substances qui peuvent donner d'excellents résultats suivant la nature des objets à conserver.

Nous avons déjà parlé de la dissolution du baume dans le chloroforme qui s'emploie de la même manière que le baume lui-même et qui sèche plus lentement, ce qui dans certains cas présente des avantages.

Le vernis à tableaux a été employé par Ch. Chevalier pour les objets délicats et faciles à imbiber. Il en est de même du vernis au copal dissous dans l'essence de spic. L'un et l'autre de ces deux vernis doivent être préalablement évaporés soit à l'air libre, soit par la chaleur, jusqu'à consistance d'un sirop épais. On en dépose une goutte sur la lame de verre, on place l'objet convenablement préparé dans la goutte et on recouvre avec la lamelle mince. On comprime, puis on enlève le vernis excédant et on laisse sécher sous presse. La dessiccation est fort longue, mais les résultats obtenus sont bons.

La glycérine gélatinée dont nous avons donné plus haut la composition et le mode d'emploi est une substance facile à mettre en œuvre et qui donne de bonnes préparations des tissus animaux et végétaux. Les objets que l'on veut conserver dans la glycérine doivent être exactement débarrassés des essences dans lesquelles on les a lavés ; il est préférable de les *pénétrer* avec de la glycérine.

IV. Préparation des objets dans les liquides conservateurs.

La préparation des objets dans les liquides est une opération plus délicate que la précédente. Elle est appliquée à la conservation des tissus animaux et végétaux habituellement baignés dans les liquides de l'organisme.

Quant aux fluides conservateurs que l'on emploie à cet effet, nous avons donné plus haut la composition de la plupart d'entre eux, nous n'avons donc plus qu'à indiquer leur mode d'emploi.

Le plus souvent, il faut se servir d'une cellule plus ou moins épaisse, formée au pinceau avec du vernis au bitume ou constituée par un disque de verre troué, par une rondelle de gutta-percha ou de caoutchouc, suivant l'épaisseur qu'on veut lui donner.

Les cellules peuvent être rondes, ovales, carrées ou de disposition quelconque, selon la forme et la grandeur de l'objet à préparer.

Si cet objet est très-mince, on peut quelquefois ne pas avoir besoin de faire une cellule. Il suffit alors de déposer sur le porte-objet une petite goutte de liquide conservateur dans laquelle on dispose l'objet et de recouvrir avec une lamelle mince, en ayant soin que l'objet soit bien baigné dans le liquide, bien pénétré et ne retienne pas de bulles d'air. Il faut veiller aussi à ne pas le faire voyager dans la goutte lorsqu'on applique le couvre-objet et à ne pas le chasser vers les bords de la préparation. L'objet étant convenablement placé, sans bulles d'air, on enlève avec un peu de papier buvard ou un pinceau humide, le liquide qui peut dépasser les bords de la lamelle, quand on la comprime convenablement, et, lorsque les bords sont parfaitement secs, on les scelle sur le porte-objet avec une première couche de vernis au bitume, couche qu'on laisse sécher avant d'en appliquer une seconde et même une troisième.

Il faut que le liquide conservateur remplisse bien tout l'espace au-dessous de la lamelle, car dans le cas où il ne s'étendrait pas jusqu'aux bords de celle-ci, le vernis qu'on appliquerait sur la jointure pénétrerait par capillarité entre les deux verres et viendrait gâter la préparation. Si donc on s'aperçoit qu'il reste un vide dans un point ou dans un autre, on doit le remplir d'abord avant d'appliquer le vernis. Pour cela, on ajoute sur la jointure même et au voisinage du vide une petite goutte de liquide qui pénètre par capillarité et l'on continue jusqu'à ce que tous les vides soient comblés. On peut activer l'introduction du liquide en aspirant du côte opposé de la lamelle avec un petit morceau de papier brouillard ou un pinceau humide. On évite la formation des bulles d'air, et si quelques-unes sont circonscrites par le liquide on les chasse en appuyant légèrement sur le couvre-objet.

Les mêmes manœuvres s'emploieront quand on se servira d'une cellule au vernis, mais il est alors plus difficile quelquefois de chasser les bulles d'air, précisément à cause du rebord de la cellule. On tâchera d'y arriver cependant par les mêmes moyens, mais si quelques petites bulles restent vers la périphérie de la préparation et

qu'elles ne gênent en rien l'observation, nous sommes d'avis qu'on les laisse plutôt que de s'exposer à tout gâter en voulant trop bien faire, ce qui arrive assez souvent.

D'ailleurs, quand la cellule est encore fraîche ou la dernière couche, si elle est composée de plusieurs couches, le couvre-objet y adhère ordinairement assez par une pression convenable pour que le vernis qu'on appliquera sur la jointure ne pénètre pas par capillarité jusque dans l'intérieur de la cellule, au cas où il y aurait un petit vide.

Le procédé indiqué par Schacht pour faire les préparations dans les liquides avec une cellule au vernis est commode et nous paraît un des plus rapides. Il consiste à tracer, avec le pinceau trempé dans le vernis, au lieu d'une cellule entière, deux traits parallèles aux longs côtés du porte-objet, traits qui formeront les deux côtés opposés d'une cellule carrée ou quadrilatère allongée. Ils doivent être un peu plus longs que le couvre-objet. On ajoute de nouvelles couches, successivement, sur les deux traits de manière à leur donner l'épaisseur voulue ; puis, entre les traits, on dépose la goutte de liquide conservateur dans laquelle on place, avec les précautions ordinaires pour éviter les bulles d'air, l'objet à préparer. Et l'on applique le couvre-objet sur la couche liquide en appuyant ses bords sur les deux traits. On passe alors une couche de vernis sur ces deux bords et sur la partie des traits qui déborde. Ce vernis, pénétrant un peu entre la lamelle et les traits, ramollit la couche superficielle de ceux-ci et détermine à l'aide d'une très-légère pression l'adhérence de la lamelle avec les traits, adhérence qui se complète par la dessiccation du vernis qu'on laisse sécher pendant environ une demi-heure.

Cette première couche sèche, on la consolide, au besoin, avec une seconde et l'on obtient ainsi une préparation dans une cellule ouverte par les deux bouts opposés. On examine alors si le liquide remplit exactement tout l espace inclus sous la lamelle. En général, il restera d'un côté ou de l'autre un vide que l'on comble en faisant pénétrer du liquide par capillarité, soit du même côté, soit du côté opposé, selon qu'on risque moins de faire entrer des bulles d'air. Lorsque l'espace capillaire est entièrement plein, on essuie avec soin

les bords de la lamelle et le porte-objet, et l'on passe le pinceau imbibé de vernis sur les jointures. La cellule est close. Après que cette première couche est sèche, on en passe une seconde, puis une troisième et même plus, et enfin on régularise, avec une dernière couche, les quatre côtés de la cellule.

Un détail de cette opération est beaucoup plus délicat qu'on ne le croit au premier abord, c'est celui qui consiste à essuyer exactement les bords de la lamelle et le porte-objet, si l'on a été obligé d'ajouter du liquide pour remplir des vides, ou bien si l'on a mis dès l'abord un excès de ce liquide qui s'est extravasé quand on a appliqué le couvre-objet. Si le verre n'est pas *exactement* essuyé, le vernis n'adhère pas. Or, s'il est facile d'enlever complétement certaines solutions salines, il est d'autres liquides, comme la glycérine qui *poisse* le verre, dont il est assez difficile de se débarrasser. Il faut tâcher, lorsqu'on opère avec ces liquides, d'en mouiller le moins possible le porte-objet et la lamelle, et, pour cela, s'efforcer de n'en employer que la quantité voulue, ce à quoi on arrive avec un peu d'habitude. Pour nettoyer le verre mouillé de glycérine, le meilleur moyen consiste à l'essuyer avec un pinceau imbibé d'alcool.

Lorsque la quantité du liquide est bien mesurée et qu'on a quelques bulles d'air à chasser, on peut le faire, soit en exerçant une légère pression sur le couvre-objet, soit en le soulevant délicatement avec la pointe d'un scalpel.

Il faut remarquer, de plus, que la profondeur de la cellule, qui est donnée par les couches de vernis appliquées successivement pour former ses parois, détermine l'emploi de tel ou tel objectif pour l'étude de la préparation. Car si la cellule est très-profonde on ne pourra examiner son contenu qu'avec des objectifs ayant une longueur frontale assez grande. En donnant trois couches de vernis on forme des cellules assez peu profondes pour qu'on puisse se servir des objectifs n°s 5 et 7 de Nachet et même 8 à immersion, avec des lamelles modérément minces ; mais les objectifs de même force construits par d'autres opticiens ne pourraient pas toujours être employés. De plus, le procédé de Schacht est difficile à pratiquer quand la cellule a une épaisseur plus considérable que celle

dont nous parlons, parce qu'il est alors presque impossible d'en fermer hermétiquement les deux bouts.

Les préparations dans les cellules mobiles en caoutchouc, en gutta-percha ou en verre se font par les mêmes procédés que dans les cellules au vernis. On peut faire soi-même les cellules de verre, qui sont les plus commodes, en coupant avec un diamant ou en faisant couper de petits bandes dans une lame de verre d'épaisseur convenable. On colle quatre de ces petites bandes sur le porte-objet pour faire le cadre d'une cellule rectangulaire. Ces cellules se collent sur le porte-objet avec de la *glu marine*, solution de gomme laque et de caoutchouc, à parties égales, dans la benzine (1), ou avec le ciment indiqué par Harting et formé de gutta-percha dissoute dans l'essence de térébenthine (2).

Pour employer la glu marine on chauffe la lame de verre sur une plaque métallique et on y dépose une goutte de ciment qui se liquéfie bientôt. On enfonce dans le liquide fondu la cellule de verre qu'on veut fixer, on la maintient par la pression et on laisse refroidir, Quand la substance est bien durcie, on enlève avec un canif ou un scalpel ce qui a coulé sur le fond de la cellule et on nettoie avec une dissolution faible de potasse.

Le ciment à la gutta-percha s'emploie à peu près de même. On fait fondre la matière et, avec un pinceau, on trace sur le porte-objet un trait correspondant au contour de la cellule. On applique aussitôt celle-ci sur le ciment en comprimant et on laisse refroidir.

Le couvre-objet doit être un peu plus petit que le contour extérieur de la cellule de manière à ce que ses bords ne dépassent pas. Il est bon que la surface du verre de la cellule sur laquelle on colle le couvre-objet soit dépolie avec un peu d'émeri sur une pierre à repasser.

(1) On dissout les deux substances à part et on les réunit à une douce chaleur. C'est le *marine glue* des Anglais.

(2) On dissout à une douce chaleur et en remuant sans cesse 1 partie de gutta-percha réduite en petits morceaux dans 15 parties d'essence de térébenthine. On filtre à travers une flanelle et on ajoute 1 partie de gomme laque ; puis, on chauffe en remuant jusqu'à ce qu'une goutte du mélange jetée sur une lame de verre s'y durcisse. Ce ciment s'emploie à chaud. Il faut, avant de s'en servir, le délayer dans un peu d'essence de térébenthine. Il peut servir pour cimenter les cellules de verre comme celles de caoutchouc ou de gutta-percha.

On remplit la cellule avec le liquide conservateur dans lequel on dépose l'objet. Ce liquide doit être en excès de sorte qu'en appliquant la lamelle on n'emprisonne pas de bulles d'air. On enlève soigneusement le liquide qui déborde quand le couvre-objet est en place et on cimente ce dernier sur les bords de la cellule.

Il est toujours utile de revoir après quelque temps les préparations dans les liquides, afin de s'assurer qu'il ne s'est pas produit dans le vernis de fissures qui permettraient au liquide de s'échapper. On donne une nouvelle couche sur le ciment et, s'il y a eu fuite, il faut percer le vernis à l'extrémité opposée à celle où s'est produite la fuite ; on dépose une goutte de liquide sur l'ouverture ainsi faite et on détermine une succion devant l'orifice de la fuite avec un peu de papier brouillard ou un pinceau humide, jusqu'à ce que la cellule soit exactement pleine. On cimente alors les deux ouvertures sur lesquelles on repassera plus tard une nouvelle couche de vernis.

Toutes ces opérations qui, en somme, sont plus méticuleuses que réellement difficiles, exigent néanmoins beaucoup de temps ; aussi nous conseillons volontiers aux personnes dont les heures sont comptées de se procurer le matériel nécessaire aux préparations chez M. J. Bourgogne père, qui par une longue pratique a acquis une excessive habileté dans ces sortes de travaux. On trouve chez lui des liquides dont la formule est sa propriété mais qui ont de grands avantages dans la manipulation, ainsi que des porte-objets sur lesquels des cellules sont préparées d'avance avec un vernis au bitume dont la faculté adhésive se conserve très-longtemps. Aussi, en déposant dans ces cellules l'objet convenablement préparé dans une goutte d'un liquide conservateur approprié, en appliquant par inclinaison et avec les précautions voulues la lamelle mince sur la cellule, l'adhérence se produit grâce au procédé suivant. On place sur la cellule ainsi couverte un carré de verre très-épais destiné à protéger le couvre-objet et l'on soumet le tout à l'action d'un ressort faisant presse. Plusieurs ressorts sont ainsi disposés sur une *planchette* de l'invention de M. Bourgogne, et dont nous avons déjà parlé, de sorte qu'on peut opérer sur plusieurs préparations en même temps. Au bout de quelques jours de cette pression, l'adhé-

rence du couvre-objet avec les bords de la cellule est complète. On n'a plus alors qu'à laver à grande eau la préparation qui se trouve terminée.

CHAPITRE XII

ILLUSIONS D'OPTIQUE ET PHÉNOMÈNES PARTICULIERS

En commençant l'étude du microscope, il est bon de se mettre en garde contre certaines illusions d'optique qui peuvent induire l'observateur en erreur et lui faire mal juger de la nature des objets qu'il examine, surtout avec de forts grossissements.

Beaucoup de ces illusions sont dues à des effets particuliers résultant de ce qu'on appelle la diffraction de la lumière, phénomènes très-complexes dont nous ne pouvons exposer ici la théorie. Ainsi, il arrive souvent que les bords de l'image paraissent limités par une double, triple ou multiple ligne de contour, ce qui peut faire croire à l'existence, sur l'objet, de stries ou de lignes diverses qui n'existent pas en réalité et ne sont que des *franges de diffraction*. Ces effets résultent, ainsi que nous l'avons dit ailleurs, de ce que l'image d'un point, particulièrement quand la lumière qui l'éclaire passe par un orifice étroit, n'est pas un point unique, mais une série de cercles concentriques. C'est, nous l'avons dit aussi, pour diminuer les effets de diffraction que M. Prazmowski a construit des objectifs à quatre lentilles. Les meilleurs objectifs, suivant le mode d'éclairage de l'objet, peuvent donner ainsi des franges plus ou moins nombreuses, surtout quand on emploie un diaphragme d'une très-petite ouverture.

Avec l'habitude du microscope, on apprend bientôt à reconnaître ces effets et, en faisant varier la distance de l'objectif à l'objet, on voit que les lignes ou cercles de diffraction changent d'aspect ou de nombre, ce qui prouve immédiatement qu'ils ne reproduisent pas des figures existant réellement sur l'objet qu'on examine ; mais une autre manière de reconnaître la véritable nature de ces lignes ou franges consiste, lorsqu'on est dans le doute, à éclairer la préparation non plus avec la lumière blanche ordinaire, mais avec un

des rayons colorés qui la composent ou, comme on dit, la *lumière monochromatique*. Chacune des parties différemment colorées du spectre solaire fait, en effet, varier la forme, le nombre ou l'intensité des franges de diffraction et chacune d'une manière particulière. La partie bleue les rend plus fines et les rapproche, aussi les distingue-t-on beaucoup moins. C'est pourquoi on emploie souvent le rayon bleu du spectre pour étudier les détails très-délicats qui ornent la surface de certaines Diatomées, comme le *Surirella gemma* ou l'*Amphipleura pellucida*. La lumière jaune les multiplie au contraire à l'infini et les rend extrêmement intenses. Aussi, en examinant successivement l'objet dans la lumière jaune, puis dans la lumière bleue ou même dans la lumière blanche ordinaire, on reconnaît aux changements subis dans les franges de diffraction, la vraie nature de celles-ci.

Le meilleur moyen d'obtenir la lumière monochromatique consiste à recevoir le pinceau lumineux, destiné à éclairer le microscope, sur un prisme qui le décompose. On éloigne l'instrument du prisme de manière à obtenir un spectre assez étalé dont on dirige la partie bleue ou la partie jaune sur le miroir du microscope, pour éclairer la préparation. On comprend que le mouvement apparent du soleil dérange incessamment la direction du rayon lumineux et qu'il faut, au fur et à mesure, déplacer l'instrument si l'on veut faire une observation un peu longue.

On peut, comme exercice utile, étudier l'aspect qu'offre une petite bulle d'air *sphérique* comprise entre deux lames de verre dans une goutte d'eau, par exemple. On verra ainsi qu'elle se présente, d'une manière générale, sous l'aspect d'un cercle lumineux central entouré d'une zone noire avec une série, intérieure ou extérieure, de cercles sombres, de teintes différentes et plus ou moins nombreux suivant qu'on approche ou qu'on éloigne l'objectif de manière à établir la mise au point pour la surface supérieure de la bulle (ce qui donne le plus grand nombre de cercles), pour la partie moyenne, ou pour la surface inférieure (ce qui donne le plus petit nombre de cercles, mais la plus large zone noire) (1). Le cercle interne, très-

(1) Il faut éclairer le microscope, pour avoir des effets plus nets, avec le miroir plan qui donne des rayons parallèles, pour la lumière du jour, bien entendu.

lumineux, est déterminé par les rayons qui traversent la bulle de part en part et qui, entrant par sa surface inférieure normalement à cette surface ou suivant des angles d'incidence très-petits, ne sont pas réfractés ou très-peu. La zone noire enveloppante résulte, au contraire, de ce que les rayons qui frappent la bulle sur les côtés arrivent sur sa surface suivant des angles d'incidence assez grands pour ne plus la traverser et éprouvent le phénomène de la réflexion totale. Ils ne parviennent donc pas à l'œil et la zone qu'ils frappent reste complétement obscure. Les cercles sombres et de teintes alternativement plus claires et plus obscures sont des franges de diffraction dues au passage de la lumière à travers l'orifice étroit limité par la petite partie de la bulle que les rayons peuvent traverser, partie qui produit l'effet d'un très-fin diaphragme.

On comprend encore que ces phénomènes changent d'aspect suivant que le liquide dans lequel on examine la bulle d'air a un pouvoir réfringent plus ou moins considérable ; car c'est de la valeur de l'indice de réfraction de ce milieu par rapport à celui de l'air contenu dans la bulle que dépend l'angle limite au delà duquel les rayons incidents ne peuvent plus traverser la bulle, mais se réfléchissent à sa surface, ce qui augmente ou diminue la largeur de la zone noire pour une même position de l'objectif.

De même, si, en conservant le même liquide ambiant, l'eau par exemple, on change la nature de la matière contenue dans la bulle, le rapport entre les indices de réfraction des deux milieux ayant changé, la réflexion totale se produira à partir d'un angle limite plus grand ou plus petit et la zone noire sera rapetissée ou agrandie. C'est ce qu'on observera en remplaçant la bulle d'air par une petite gouttelette d'huile. Tandis que l'air a un pouvoir réfringent plus petit que l'eau, la graisse a, au contraire, un pouvoir réfringent plus grand. Aussi, d'une manière générale, observera-t-on des phénomènes inverses. C'est en élevant l'objectif, de façon à mettre au point pour la surface supérieure, qu'on aura l'image la plus distincte, nettement formée d'un cercle lumineux central entouré d'une large zone noire, avec très-peu ou même point de franges; tandis qu'en abaissant l'objectif, pour mettre au point sur la partie moyenne ou inférieure de la goutte, on aura une zone noire de plus en plus

mince, mais le cercle central s'assombrira et des franges plus nombreuses apparaîtront, si bien que l'image finira par devenir grise et confuse.

Il est utile, nous le répétons, d'étudier l'aspect des bulles d'air et des gouttes de graisse dans les différents milieux, afin de les reconnaître dans les préparations, surtout lorsqu'elles sont fort petites, et pour cela le meilleur moyen consiste à emprisonner ces bulles et ces gouttes dans divers liquides, et à les examiner avec le microscope. Les observations que l'on fera ainsi soi-même seront plus instructives que toutes les descriptions qu'on en pourrait lire.

Un phénomène de tout autre ordre que ceux dus à la diffraction est celui qui produit les *mouches volantes.* Lorsqu'on place l'œil sur l'oculaire et qu'on regarde dans le microscope, alors même qu'aucune préparation n'est placée sous l'objectif, on voit souvent, et surtout lorsqu'on commence l'étude du microscope, apparaître dans le champ de petits globules pâles, plus ou moins nombreux, et des filaments floconneux qui passent, emportés comme un léger nuage, dans un mouvement d'ensemble au moindre déplacement de l'œil, pour revenir au même point quand l'œil reprend sa position. Ce sont des mouches volantes. C'est un phénomène absolument normal, et il n'est personne qui n'ait dans chaque œil plus ou moins de mouches volantes. Elles ne sont donc pas dues à des taches dans l'oculaire, comme le croient quelques observateurs peu attentifs ; il est d'ailleurs facile de s'en assurer en faisant tourner l'oculaire dans le tube, ce qui déplacerait des taches dans l'oculaire, tandis que les mouches volantes reviennent aux mêmes points pour une même position de l'œil. Elles ne sont pas dues davantage à la fatigue que le microscope est injustement accusé de produire sur l'organe visuel. Elles sont normales, mais le plus souvent on ne les aperçoit qu'en regardant dans le microscope en raison de l'éclairage du champ et de l'attention qu'on met à chercher ce qui est dans ce champ.

On peut constater d'abord qu'elles se présentent toujours très-sensiblement les mêmes pour un œil, mais différentes pour chaque œil, différentes pour chaque personne. Plusieurs observateurs ont dessiné les mouches volantes de leur œil droit ou de leur œil gauche et ont reconnu qu'elles ne changeaient pas pendant une lon-

gue suite d'années. Elles paraissent, en effet, être l'ombre projetée sur la rétine par des globules, en nombre et en position variables, et par des filaments plus ou moins opaques placés dans le corps vitré, et dont on reconnaît facilement la présence avec l'ophthalmoscope. Elles n'en sont pas moins quelquefois gênantes et paraissent à certains jours, à certains moments, par exemple après une fatigue physique, plus intenses et plus persistantes. On s'y habitue d'ailleurs très-vite et on arrive rapidement à n'y plus faire attention. On ne les *voit* plus alors, à moins qu'on ne les recherche; et lorsque par hasard elles apparaissent, quand on examine quelques préparations très-claires, on les reconnaît aussitôt à leur mouvement fuyant quand on déplace le globe de l'œil, tandis qu'elles ne changent pas quand on déplace la préparation. Et, dans ce cas, la meilleure manière de ne pas les voir est de n'y pas penser.

Enfin, pour clore ce chapitre, nous avons à signaler un dernier phénomène excessivement curieux, que l'on observe dans certaines préparations et qui ne dépend plus ni de la lumière ni de l'œil, mais de l'objet lui-même qu'on examine, nous voulons parler du *mouvement Brownien.*

On désigne sous ce nom un mouvement particulier qu'on observe sur certains corps très-petits, suspendus dans un liquide, mouvement qui pourrait faire croire que ces corpuscules sont animés et même que ce sont des animaux. Ce mouvement peut d'ailleurs être très-vif et très-tumultueux, si les corpuscules qui en sont doués sont nombreux dans la préparation, mais on apprend bien vite à le distinguer en reconnaissant qu'il ne consiste qu'en une sorte d'oscillation ou de vibration sur place, pour ainsi dire, sans déplacement ou sans autre mouvement de translation que celui qui peut résulter de courants dans le liquide, sur le porte-objet. C'est un phénomène d'attraction moléculaire qui paraît se produire sur tous les corps organiques et même minéraux lorsqu'ils sont réduits à un volume suffisamment petit et suspendus dans un liquide peu dense. On le remarque dans les fines granulations existant dans beaucoup de cellules animales et végétales, dans les plus petits globules de graisse contenus dans le lait et surtout dans la matière provenant de la trituration, dans l'eau, d'un ver à soie atteint de la *pébrine*. Cette

matière se présente, même quand le papillon est mort depuis longtemps, comme rempli de corpuscules animés d'un mouvement Brownien des plus actifs qui a vivement frappé les premiers observateurs, aussi ces atomes mobiles ont-ils été longtemps désignés sous le nom de *corpuscules oscillants* ou *vibrants.*

Ce phénomène, qui peut se prolonger plus ou moins longtemps, est d'ailleurs très-fréquent et s'observe journellement dans les recherches micrographiques, il nous suffit donc de le signaler pour qu'il ne devienne pour le commençant l'objet d'aucune erreur.

De même, on trouvera souvent dans les préparations, surtout dans celles qui sont faites sans les soins nécessaires, beaucoup de corps étrangers provenant de l'athmosphère ou des instruments et dont il faut reconnaître dès l'abord la véritable nature; tels sont les poussières, les grains de sable, de charbon, les filaments de linge, les poils de chien, de chat, de blaireau ou d'écureuil (provenant des pinceaux), des fragments d'insectes, parfois même des insectes microscopiques tout entiers, des grains d'amidon, des spores de cryptogames, particulièrement de moisissures, enfin un grand nombre de corps variant suivant les lieux qu'on habite. Un peu d'habitude et d'attention aura bientôt familiarisé l'étudiant micrographe avec tous ces petits accidents dont il saura bien vite reconnaître la nature et la cause.

DEUXIÈME PARTIE

APPLICATIONS DU MICROSCOPE A L'HISTOLOGIE

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS.

Depuis l'époque où Bichat a pour ainsi dire fondé l'histologie, les progrès incessants qu'a faits cette science sont dus au microscope et l'on peut dire que chacun des perfectionnements apportés dans la construction de cet admirable instrument a été le signal de nouveaux progrès accomplis par l'histologie. Nous ne pouvons ici faire l'historique de cette science, ni même en présenter un tableau complet ; le cadre de cet ouvrage ne nous permet que d'indiquer les méthodes générales à l'aide desquelles on scrute la composition intime du corps de l'homme et des animaux et d'appliquer ces méthodes à quelques exemples choisis de telle sorte qu'ils suffisent à donner une idée générale de la structure des principaux tissus et de la manière de les étudier, ainsi que de la marche à suivre dans l'étude particulière des organes spéciaux.

C'est ainsi que nous avons établi, dans ce vaste sujet, l'application du microscope à l'histologie, une division tout artificielle et qui n'a rien de scientifique, mais qui nous a permis de tracer en quelques chapitres l'histoire sommaire des principaux éléments histologiques :

Le *sang*, la *lymphe*, le *chyle* et la *circulation ;*

Les *épithéliums* pavimenteux, cylindriques, vibratiles ;

Les *tissus* cartilagineux, conjonctif, osseux, musculaire, nerveux ;

Les *glandes ;*

Les *vaisseaux* sanguins et lymphatiques ;

La *peau ;*

Les *productions épidermiques*, ongles, poils, cheveux ;

Les *dents ;*

Les *muqueuses* et leurs produits ; la muqueuse digestive, avec les glandes salivaires et la salive, les glandes de l'estomac et le suc gastrique, les glandes de Lieberkühn, de Brünner, de Payer, le foie, le pancréas, avec le suc intestinal, la bile et le liquide pancréatique. — La muqueuse respiratoire avec les poumons ; — la muqueuse urinaire avec les reins et l'urine ; — la muqueuse des organes génitaux mâles, avec le testicule, la prostate, etc., etc., le sperme, la liqueur prostatique, etc., etc. ; la muqueuse des organes génitaux femelles, avec l'utérus, l'ovaire, les vésicules de Graaf, les ovules, etc., etc.

Cette division, nous le repétons, n'a rien de scientifique et nous ne l'avons adoptée que parce qu'elle nous a permis de présenter un tableau général et relativement complet de notre sujet, et nous en avons rédigé les chapitres non pas au point de vue du savant qui poursuit la solution d'un problème histologique, mais au point de vue de l'étudiant micrographe qui cherche à s'instruire et à se perfectionner dans le maniement du microscope. Aussi, avons-nous fait suivre la description de chaque système organique d'un court exposé de la manière de le préparer qui nous a semblé la plus simple.

Et pour ceux de nos lecteurs qui voudront pousser plus loin ces intéressantes études nous les renvoyons aux ouvrages spéciaux, aux traités de Kölliker, de Leydig, de Frey, de Ch. Robin, de Ranvier et à l'excellent petit manuel de Duval et Lereboullet.

Réactifs.

Pour mettre en évidence et caractériser les divers éléments histologiques, on emploie un certain nombre de *réactifs* que l'on peut diviser en plusieurs classes.

Les uns n'ont pour but que de modifier les conditions physiques

dans lesquelles se trouve l'objet à examiner, par exemple de lui donner la transparence nécessaire à l'étude par la lumière transmise en changeant son indice de refraction relatif, ou en diminuant sa cohésion, ou en facilitant la dissociation de ses éléments constituants, ou bien, au contraire, en augmentant la solidité des tissus mous de manière à permettre d'y pratiquer des coupes suffisamment minces.

D'autres, qui sont à plus proprement parler des réactifs dans le sens que les chimistes attachent à ce mot, ont pour but de déterminer la nature de tel ou tel des éléments qui composent un tissu ou un organe par les modifications caractéristiques que ces réactifs apportent dans la couleur, la texture, l'aspect de cet élément.

D'autres, enfin, sont destinés à colorer les préparations de manière à en rendre l'observation plus facile. Certains de ces corps colorants peuvent même être considérés comme des réactifs grâce à la manière différente dont ils agissent sur les divers éléments d'un même organe.

Ajoutons que certains réactifs peuvent appartenir à la fois à plusieurs de ces classes, surtout quand on les emploie de manières différentes.

Nous allons passer en revue les principaux de ces réactifs.

Réactifs indifférents, dissolvants ou éclaircissants.

Eau. — L'eau doit être filtrée et, dans beaucoup de cas, distillée, par exemple lorsqu'il s'agit de faire une dissolution saline qui doit être employée comme réactif, ou lorsqu'on se sert d'objectifs à immersion, l'eau ordinaire pouvant déposer à la surface des lentilles des résidus minéraux qui rayeraient la lentille frontale et la mettraient bientôt hors de service.

L'eau distillée, évaporée à siccité dans un verre de montre ou sur une lame de verre ne doit laisser aucun résidu.

L'eau qu'on emploie souvent pour délayer les préparations sur le porte-objet n'est pas toujours inoffensive. C'est ainsi qu'elle déforme les globules du sang, de la lymphe, arrête bientôt les spermatozoï-

des, etc., etc. Aussi, comme *liquide ambiant* doit-on souvent la remplacer par une sérosité animale plus analogue aux liquides qui baignent naturellement les éléments anatomiques.

Sérosités. — Quelquefois, pour étendre les préparations, on peut se servir de la salive, de l'urine fraîche, mais en général il vaut mieux employer, autant que possible, la sérosité même qui est en rapport, dans l'économie, avec l'élément qu'on étudie. Ainsi le sérum du sang conviendra mieux que tout autre pour examiner les globules sanguins.

On peut donc employer le sérum du sang qui, malheureusement, s'altère rapidement. On prolonge sa conservation en y ajoutant un morceau de camphre. L'humeur vitrée de l'œil peut servir dans les mêmes circonstances, mais on emploie de préférence le sérum amniotique, que l'on peut obtenir dans les *gosselins* (utérus de vaches ou de brebis pleines) chez les bouchers ou aux abattoirs.

On prépare aussi un sérum artificiel avec :

Eau distillée	135	grammes.
Albumine de blanc d'œuf	15	—
Chlorure de sodium	0,20	—

Filtrez.

Sérum iodé. — Ce liquide, indiqué par Schultze, se prépare avec le liquide amniotique naturel de la manière suivante :

Dans un flacon bas et large, pour éviter la formation de couches stratifiées à différents dégrés de concentration, on place une certaine quantité de sérosité et on ajoute des cristaux d'iode. Il faut avoir soin d'agiter fréquemment le mélange.

Ou bien, on ajoute au sérum amniotique une certaine quantité de teinture d'iode qui produit un précipité. On filtre et on recueille le liquide jaune qui a filtré. On peut se servir de ce sérum pour ioder de nouveau sérum naturel, dans la proportion de 20 gouttes environ du premier pour 100 grammes du second. Il est, d'ailleurs, utile de pouvoir préparer ainsi des sérums plus ou moins iodés.

Le sérum ainsi traité ne se putréfie pas, mais il pâlit parce que l'iode libre se transforme en iodures. On ajoute de temps à autre quelques paillettes d'iode.

On prépare aussi un sérum iodé avec le sérum artificiel du blanc

d'œuf, en ajoutant au mélange dont nous avons donné la composition ci-dessus, 3 grammes de teinture d'iode. On filtre et on maintient toujours quelques cristaux d'iode au fond du flacon.

Le sérum iodé n'est pas absolument un liquide indifférent. Il agit *à la longue* en dissociant les éléments des tissus. Il faut seulement ajouter de l'iode au fur et à mesure qu'il se combine avec le tissu et que le liquide se décolore. Cette action doit être continuée pendant plusieurs jours pour être complète.

Glycérine. — La glycérine est très-utile pour *éclaircir* les préparations qui ne sont pas assez transparentes, surtout après qu'on les a durcies dans un liquide approprié. Elle rend même quelques éléments tellement transparents qu'on ne peut plus les apercevoir (parce que leur indice de réfraction est à peu près égal à celui de la glycérine).

Lorsqu'on opère sur des tissus préalablement durcis, on peut employer la glycérine pure. Mais sur des tissus frais, il faut agir avec précaution parce que la glycérine les rétracte. Pour cela, on emploie de la glycérine étendue d'eau, dont on fait pénétrer une goutte lentement sous la lamelle, en aspirant, au besoin, le liquide de l'autre côté avec un peu de papier brouillard. On peut faire le mélange d'une goutte de glycérine avec une ou deux gouttes d'eau sur le porte-objet même, avant de le faire pénétrer sous la lamelle.

L'action de la glycérine sur les tissus durcis est quelquefois très-lente. Elle amène parfois aussi le dégagement de quelques petites bulles de gaz. Nous avons dit qu'on l'emploie souvent comme liquide conservateur, notamment pour les pièces injectées, colorées et durcies.

La glycérine doit être parfaitement pure et ne pas contenir d'acide.

Essences de térébenthine, de **citron,** de **girofle,** etc., **huile de naphte.** — On emploie ces essences, notamment la première, pour éclaicir les préparations, ce à quoi elle réussit admirablement au point de dépasser le but. Aussi, est-elle très-utile pour conserver les préparations injectées parce que l'injection reste alors à peu près seule visible.

Il faut se rappeler que, ces essences étant insolubles dans l'eau, on ne peut s'en servir qu'avec des préparations sèches, ou dont on a chassé l'eau en les trempant dans l'alcool. Comme l'alcool rétracte beaucoup les tissus, il faut l'employer graduellement, c'est-à-dire, placer d'abord la préparation imbibée d'eau dans de l'alcool étendu, puis dans l'alcool ordinaire, puis dans l'alcool absolu et enfin dans l'essence qui est miscible à l'alcool absolu et le remplace bientôt dans la préparation.

On emploie l'essence de térébenthine rectifiée et incolore, mais, à cause de son odeur, on la remplace souvent par l'essence de citron qui se résinifie trop vite, ou par l'essence de girofle qu'il faut prendre aussi incolore que possible, mais qui se colore rapidement.

L'huile de naphte, par sa limpidité extrême, est très-favorable à l'examen microscopique, mais elle est très-volatile.

Aicde acétique. — L'acide acétique, aussi bien que les acides formique, chlorhydrique, éclaircit les préparations, mais en agissant chimiquement sur les éléments organiques ; c'est ainsi qu'il gonfle les fibres du tissu conjonctif et les transforme en une masse gélatineuse et transparente. En gonflant ainsi certains éléments du tissu, il met d'autant plus en évidence les éléments qu'il n'attaque pas, par exemple, les noyaux des cellules. En saturant l'acide par un alcali, on ramène souvent à l'état primitif les éléments qui ont été modifiés par l'acide acétique, dans les cas où ils sont gonflés et non dissous.

Il faut avoir de l'*acide acétique monohydraté*, cristallisable, avec lequel on prépare des liqueurs acides plus ou moins diluées, car on doit toujours faire agir cet acide avec précaution.

Acide chlorhydrique. — Il doit être pur et concentré pour servir à préparer des liquides dilués. On l'emploie surtout comme dissolvant de certaines substances organiques et minérales pour obtenir la dissociation des tissus.

Acide formique. — Nous n'avons qu'à répéter ce que nous avons dit au sujet de l'acide acétique. On emploie souvent la glycérine acidulée d'une goutte d'acide formique.

Acide sulfurique. — On le conserve sous forme d'acide mono-

hydraté et on l'emploie en solution à 20 pour 100 environ. Il sert à isoler certains éléments.

Acide azotique. — Son usage, fréquent dans les études botaniques, est assez restreint en histologie. On l'emploie dilué dans 4 fois son poids d'eau environ. Il sert surtout pour faciliter la dissociation des éléments du tissu musculaire.

Acide oxalique. — Employé en solution saturée à froid pour donner de la transparence à certains tissus.

Acide tartrique. — On le conserve en cristaux pour en faire des solutions au moment du besoin. Il agit à peu près comme l'acide acétique.

Potasse. — On conserve la potasse solide dans un flacon bien bouché et l'on en fait des dissolutions plus ou moins concentrées suivant le besoin, car son mode d'action dépend beaucoup de son degré de concentration. On l'emploie le plus souvent à l'état de dissolution avec 2 fois son poids d'eau. Elle est très-utile pour gonfler les cellules de l'ongle et de la couche cornée de la peau, mais si elle leur rend leur forme, elle agit comme altérant. Il faut opérer à chaud. Elle donne de la transparence aux tissus musculaire et glandulaire et facilite la poursuite des filets nerveux.

En dissolution faible, son principal rôle est celui de dissolvant.

Les dissolutions de potasse attaquent les bouchons de liége. Conservées dans des flacons bouchés à l'émeri, elles forment autour du bouchon de verre un silicate qui le soude au goulot. Aussi est-il plus commode de les conserver dans des flacons fermés avec un bouchon de caoutchouc *non vulcanisé.*

Soude. — Même emploi que la potasse et mêmes observations. On se sert le plus souvent d'une solution au dixième.

Ammoniaque. — L'ammoniaque, qu'il faut avoir très-pure, sert dans les mêmes conditions que les bases fixes précédentes ; elle neutralise les acides, agit comme dissolvant et comme éclaircissant.

Enfin, c'est à l'état de dissolution ammoniacale que s'emploie le carmin, matière colorante qui rend de grands services en histologie.

Réactifs durcissants.

Alcool. — L'alcool *absolu* s'emploie dans un grand nombre de cas, mais le plus souvent on se sert, pour durcir les tissus dans lesquels on veut faire des coupes minces, d'alcool à 36° rectifié. Les organes coupés en petits morceaux sont suspendus à l'état frais au milieu de l'alcool dans un flacon contenant 12 ou 15 fois leur volume de liquide. On laisse l'action se produire pendant douze heures pour les tissus délicats, vingt-quatre heures pour les tissus plus résistants.

On emploie aussi un mélange de 1 partie d'acide acétique avec 3 parties d'alcool. Il ne faut laisser macérer les tissus, ordinairement tissus nerveux, ganglionnaire, que quelques heures (Clarke).

Acide chromique. — L'acide chromique, dont l'emploi a été introduit en histologie par Hannover (1840), est devenu l'un des réactifs les plus utiles que les micrographes aient à leur disposition.

Nous l'avons classé parmi les agents durcissants, parce qu'en effet, c'est comme durcissant qu'on l'emploie le plus souvent, et que dans toutes ses réactions il y a toujours un peu de durcissement ou de coagulation des éléments dû à une combinaison de l'acide avec les matières albuminoïdes.

En solution de 1 partie d'acide chromique pour 5000 parties d'eau, il peut à peu près être considéré comme liquide inoffensif et donnant de la transparence, en même temps qu'il isole certains éléments.

En solution de 1 partie d'acide chromique pour 3500 à 5000 parties d'eau, il agit particulièrement comme isolant.

Comme durcissant, on l'emploie en solution contenant 2 à 5 parties d'acide chromique pour 1000 d'eau. On commence par faire agir des solutions faibles. Il faut employer la dissolution en grande quantité et couper les tissus en petits morceaux qu'on suspend dans le liquide. Au bout de quelques jours, on renouvelle la dissolution, plusieurs fois même s'il en est besoin, et au bout de quelques semaines, si l'on juge le durcissement convenable, on met la pièce pendant un ou deux jours dans l'eau qu'on renouvelle, après quoi on peut la conserver dans l'alcool.

L'acide chromique agit aussi comme acide en dissolvant les sels calcaires du tissu osseux et du tissu cartilagineux calcifié.

Bichromate de potasse. — Les bichromates alcalins agissent comme l'acide chromique. On les emploie à dose dix fois plus considérable. Ils produisent un durcissement très-lent, mais qui ne rend pas les tissus cassants comme le fait souvent l'acide chromique.

Liquide de Müller. — Ce liquide est très-souvent employé comme durcissant ; il se compose de

Eau	100
Bichromate de potasse	2 à 3
Sulfate de soude	1

Acide picrique — Il s'emploie comme l'acide chromique et donne un durcissement moins complet, ou du moins d'une autre nature. Les pièces durcies sont d'abord jaunies par l'acide, mais se décolorent par les lavages (Ranvier).

Il est indispensable d'employer cet acide en solution *saturée*. Comme la dissolution est lente à froid, on fait bouillir les cristaux d'acide dans l'eau et l'on en ajoute autant que l'eau en dissout. Par le refroidissement, l'excès d'acide se dépose et la solution froide reste saturée. Il faut que les tissus soient divisés en très-petits morceaux et placés au fond du vase, avec une grande quantité de liquide. On ajoute des cristaux d'acide à mesure que la dissolution s'affaiblit.

L'acide picrique agit comme l'acide chromique sur les éléments calcaires des os.

Réactifs colorants.

Acide osmique. — Ce réactif, qui agit aussi comme durcissant, a la propriété spéciale de colorer en noir les matières de nature grasse, les fibres nerveuses, etc. Il est donc très-commode pour suivre les dernières ramifications des filets nerveux (Schultze).

C'est un corps vitreux, transparent, verdâtre, qu'on livre dans le commerce enfermé dans de petits tubes fermés à la lampe, en

raison de sa propriété de dégager des vapeurs très-désagréables et excessivement irritantes qui peuvent déterminer des conjonctivites très-aiguës. Il est aussi extrêmement vénéneux. Toutes ses solutions doivent être conservées dans des tubes ou dans des ballons fermés à la lampe. On casse d'un coup de lime l'extrémité scellée, on prend de la solution ce dont on a besoin et on referme le ballon avec la flamme du chalumeau, ou bien on dépose sur l'ouverture de la cire à cacheter fondue.

On fait ordinairement une solution titrée à 1 pour 100 dans laquelle on puise pour préparer des solutions plus faibles. Pour cela on pèse le tube contenant l'acide solide, on en brise les deux extrémités et on le met dans un poids connu d'eau distillée. Quand la dissolution est opérée, ce qui est assez long, on retire le tube vide et on le pèse. La différence donne le poids d'acide dissous. On ajoute alors la quantité d'eau voulue pour obtenir la solution titrée.

Pour employer l'acide osmique comme durcissant, il faut opérer sur des fragments de tissu très-petits, de 1 ou 2 millimètres de côté. On laisse l'action se prolonger pendant un ou deux jours dans un flacon bien fermé et, au besoin, on complète le durcissement par l'alcool. On emploie des solutions contenant 1/5 à 1/10 pour 100.

On peut se servir de solutions à 1 pour 100, mais alors l'action se produit en une demi-heure ou une heure ; il faut la suivre de près. On remarque que les cellules adipeuses sont très-rapidement colorées en noir, les tubes nerveux en brun ; l'épiderme est aussi assez fortement coloré.

On peut encore faire agir le réactif concentré (1 pour 100) sur des coupes minces préparées d'abord dans des tissus frais et suivre son action sous le microscope.

Les pièces colorées par l'acide osmique peuvent encore être colorées par le carmin, qui dessine en rouge les éléments épargnés par l'acide osmique.

Azotate d'argent. —On produit avec le nitrate d'argent une coloration ou plutôt une *imprégnation* des éléments histologiques à la suite de laquelle il se dépose de l'argent métallique dans les tissus, sous forme d'une très-fine poudre noire, lorsqu'on fait agir la

lumière sur la pièce imprégnée. Ce procédé est très-utile pour dessiner les contours des cellules dans certains épithéliums très-délicats.

Il est commode de faire une dissolution titrée à 1 pour 100 avec laquelle on prépare des solutions plus faibles, mais à composition connue, en ajoutant à un certain volume de la liqueur titrée 1, 2, ou 3 volumes d'eau distillée.

La solution la plus employée contient 1 partie de sel pour 3 ou 400 parties d'eau.

On imprègne les membranes en les tendant fortement, les arrosant avec de l'eau distillée puis avec la solution de nitrate d'argent. On opère au soleil ou dans une lumière vive.

Avec les organes plus épais, on opère de même sur une coupe ou dans une incision faite à travers l'organe, incision dans laquelle on fait passer d'abord le courant d'eau distillée, puis le courant de la dissolution d'argent. On lave à l'eau distillée et l'on fait des coupes parallèlement à la surface traitée, laquelle est notablement durcie.

Il faut que les tissus soient bien tendus, si l'on veut mettre nettement en évidence le contour des cellules.

Chlorure d'or. — Le chlorure d'or s'emploie, comme le nitrate d'argent, en solution à 1 partie de sel pour 200 parties d'eau (Cohnheim) ; sous l'influence de la lumière il se dépose, dans les pièces imprégnées au chlorure, une poudre d'or tellement fine que le microscope ne la révèle pas, mais les tissus ont pris une teinte violette et les éléments en sont devenus plus apparents.

Ce système d'imprégnation, qui colore très-fortement l'épiderme, donne aux tubes nerveux une couleur violette à l'aide de laquelle on peut les suivre facilement.

Après l'imprégnation, qu'on pratique sur de petits fragments et qui peut durer plus ou moins longtemps, selon qu'on emploie des dissolutions plus ou moins concentrées, on place la préparation dans l'obscurité pendant une heure, puis on la met dans l'eau et on l'expose à la lumière pendant un ou deux jours (Kölliker).

Ce réactif donne, quand il réussit, des préparations très-élégantes et il nous a réussi pour étudier les filets nerveux dans les antennes de l'abeille, mais il est infidèle. Le chlorure d'or et de potassium

paraît plus régulier dans son action. On peut l'employer à la dose de 1 pour 10,000 parties d'eau sur des éléments nerveux préalablement durcis au bichromate d'ammoniaque (Gerlach).

Chlorure de palladium. — Ce sel, qu'on maintient acide en ajoutant quelques gouttes d'acide chlorhydrique à la solution de 1 partie de sel pour 800 d'eau (Schultze), donne des résultats analogues à ceux du chlorure d'or.

Son action est ordinairement complète en deux ou trois jours. Le durcissement des tissus mous est suffisant alors pour qu'on puisse faire des coupes qu'on lave avec soin dans l'eau distillée et dans lesquelles on constate que le contenu granuleux des cellules est coloré en jaune foncé, les fibres lisses en jaune pâle, les tubes nerveux à moelle en noir, tandis que le tissu conjonctif est resté incolore, mais on peut le colorer en rouge par le carmin.

Carmin. — Le carmin peut être considéré comme le type des matières avec lesquelles on colore les tissus organiques pour en faciliter l'introduction. C'est à Gerlach que l'on doit l'invention de cette méthode, qui a rendu et rend encore tant de services à l'histologie.

Les colorations sont employées dans le but de mettre à profit la propriété qu'ont les matières colorantes de se fixer de préférence, ou avec plus d'intensité, sur certains éléments, en général les plus denses. L'action n'est d'ailleurs pas la même selon qu'on agit sur des pièces fraîches ou sur des préparations préalablement durcies ou traitées par divers réactifs, précisément en raison des modifications que ces réactifs ont apportées à la nature des éléments.

Le carmin est une poudre rouge insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'ammoniaque. On broie dans un mortier de porcelaine 1 gramme de carmin avec 1 gramme environ d'ammoniaque pour en opérer la dissolution, et on ajoute 100 grammes d'eau. Il faut que l'ammoniaque soit juste en quantité suffisante pour maintenir le carmin en dissolution. Si elle est en excès, on chauffe légèrement le liquide au bain-marie jusqu'au point où la matière colorante commence à se déposer.

On colore les préparations de deux manières, soit brusquement dans une teinture concentrée, soit lentement dans une teinture di-

luée. Les pièces durcies à l'alcool ou à l'acide picrique se colorent le plus souvent par la méthode rapide. On dépose quelques gouttes de la liqueur au carmin sur une lame de verre, on y place la coupe préalablement gonflée dans l'eau et on la laisse une minute, ou même moins, dans la teinture. Puis on la retire et on la lave.

La coloration lente, qui s'emploie surtout pour les pièces durcies à l'acide chromique, est produite par une immersion de vingt-quatre à quarante-huit heures dans une liqueur composée de 20 à 30 grammes d'eau auxquels on a ajouté goutte à goutte, avec une pipette, la teinture de carmin jusqu'à production d'une teinte rose pâle.

On place les coupes au fond du vase, sur un morceau de papier à filtre, afin que l'imbibition de la matière colorante se fasse également par les deux faces de la coupe.

Dans les pièces fraîches ou durcies par l'alcool, par l'acide picrique ou par l'acide osmique (1), le tissu conjonctif se colore peu et les noyaux se colorent en rouge. Dans les pièces durcies à l'acide chromique ou au bichromate, le tissu conjonctif se colore et les noyaux ne se colorent pas, à moins que la pièce n'ait longtemps dégorgé dans l'eau et n'ait été traitée ensuite par l'alcool. Les cylindres-axes des tubes nerveux se colorent toujours.

Gerlach a indiqué le procédé suivant : laisser les coupes pendant deux ou trois jours dans 30 grammes d'eau contenant deux à trois gouttes de solution ammoniacale de carmin, ou les plonger quelques instants dans la solution elle-même ; laver à l'eau et traiter par l'acide acétique pur, ou alcoolisé, ou mêlé de glycérine, pour précipiter la matière colorante dans l'intérieur des tissus.

On trouve dans les ouvrages de micrographie l'indication de plusieurs formules pour la préparation de la solution de carmin, mais la précédente, qui est la plus simple, nous paraît répondre d'une manière suffisante à tous les besoins.

Les pièces colorées au carmin doivent se conserver dans le baume du Canada ou dans un acide, l'acide acétique principalement, ou mieux encore, l'acide formique (Ranvier).

Picro-carminate d'ammoniaque. — L'introduction de cette sub-

(1) Dans ce dernier cas la coloration est très-lente.

stance dans les recherches histologiques est due à M. Ranvier. On la prépare en saturant avec une solution ammoniacale de carmin une dissolution saturée d'acide picrique, et en évaporant la liqueur à l'étuve jusqu'à réduction des quatre cinquièmes. Par le refroidissement, la dissolution laisse déposer d'abord un peu de carmin, qu'on sépare sur un filtre, puis de petits cristaux d'un jaune d'ocre qui constituent la matière colorante à employer.

Ces cristaux doivent être entièrement solubles dans l'eau. On les fait dissoudre dans 100 fois leur poids d'eau distillée.

On place la pièce à colorer dans un verre de montre avec la dissolution de picro-carminate, et on peut laisser le contact se prolonger sans avoir à craindre que la coloration devienne trop forte et confuse. Si on lave ensuite la préparation dans l'eau distillée, on ne laisse persister que la coloration due au carmin. Si on laisse la pièce dans le picro-carminate, et qu'on l'étudie sans lavages préalables, on y constate le double effet de coloration en jaune et en rouge, dû à l'acide picrique et au carmin.

On peut aussi faire agir le picro-carminate sur le porte-objet même, en lutant les bords de la lamelle avec un peu de cire, de paraffine ou de vernis pour empêcher l'évaporation.

Le picro-carminate d'ammoniaque est un des réactifs colorants les plus commodes et les plus fidèles. Sa préparation est seulement un peu délicate, mais on peut le préparer par *à peu près*, pour ainsi dire, en versant une solution ammoniacale de carmin dans la dissolution concentrée d'acide picrique, jusqu'à ce que la liqueur prenne une teinte *jus de groseille*, que l'expérience apprend bientôt à déterminer assez exactement. La liqueur ainsi obtenue donne de bons résultats.

Fuchsine. — On désigne sous le nom de *fuchsine*, *rouge d'aniline* etc., divers produits qui sont des *sulfates* et des *acétates de rosaniline*. Le dernier est plus soluble dans l'eau que le premier, qui se dissout mieux dans l'eau alcoolisée.

On emploie ces deux substances sur les coupes traitées par l'eau et l'alcool, pour colorer les éléments que le carmin ne colore pas, ou, par exemple, les tubes nerveux après l'action de l'acide osmique, et mettre en évidence les cylindres-axes (Neumann).

On se sert d'une liqueur ainsi obtenue :

Fuchsine cristallisée...........................	0gr,01
Eau distillée....................................	15
Alcool absolu....................................	20 à 30 gouttes.

Azurite. — L'*azurite* ou *bleu d'aniline* se présente sous deux états, l'un est soluble dans l'eau et dans l'alcool, l'autre dans l'alcool seulement.

Ces deux bleus d'aniline s'emploient pour colorer les os, les cartilages, les cellules épithéliales, etc.; mais les nuances très-intenses qu'ils fournissent sont souvent peu stables.

Hématoxyline.— C'est la matière colorante du bois de Campêche. On la dissout dans l'alcool absolu :

Hématoxyline....................................	0gr,35
Alcool absolu....................................	10

Et on ajoute à la solution quelques gouttes d'une liqueur contenant :

Eau distillée....................................	30 gr
Alun..	0, 10

On obtient ainsi une matière colorante violette.

Bleu de Quinoléine.— Cette matière agit particulièrement sur les corps gras qu'elle colore en bleu foncé, tandis que les fibres musculaires et nerveuses, le protoplasme cellulaire restent d'un bleu clair. Les noyaux ne se colorent pas.

On dissout le bleu de quinoléine dans l'alcool à 36°, et, quelque temps après, on ajoute de l'eau. On emploie la matière colorante en très-petite quantité et sur des tissus frais, ou durcis par l'acide picrique. La coloration produite, on lave la coupe et on la place dans la glycérine. Ce n'est qu'après 24 heures que les teintes sont établies définitivement. Il peut être utile de traiter la préparation par une solution de potasse à 40 pour 100.

Réactifs divers.

Iode.— L'eau iodée est un réactif très-employé pour caractériser les matières animales qu'il jaunit, surtout si l'on fait agir ensuite un peu d'ammoniaque, des matières végétales qu'il bleuit, surtout après l'action de l'acide sulfurique. L'iode est le réactif spécial de l'amidon, qu'il colore en bleu ou en violet plus ou moins intense, et de la cellulose qu'il teint en violet, après que l'acide sulfurique l'a transformée en dextrine ou en glucose.

Toutes les matières animales sont teintes par l'iode en jaune, en rouge ou en brun.

On emploie l'eau d'iode ainsi préparée :

Eau..	100 gr
Iodure de potassium....................	2
Iodure de potassium jusqu'à saturation.	

Il faut toujours laisser un petit excès d'iode solide au fond du flacon.

Chlorure de Sodium.— On emploie quelquefois la dissolution du sel marin dans l'étude du sang ou des muscles.

Sulfate de Soude.— La dissolution de 10 grammes de sulfate de soude dans 100 grammes d'eau est utile dans quelques cas particuliers.

Chlorate de Potasse. — Ce sel est employé avec l'acide nitrique pour dissocier ou détruire certains éléments et en mettre d'autres en évidence. La réaction, qui se fait à chaud dans un tube à essai, s'accompagne de petites détonations (Schultze).

Des injections.

On emploie beaucoup les injections en histologie, pour dissocier les éléments, pour en conserver d'autres et mettre en évidence leurs rapports et, en particulier, pour reconnaître les systèmes vasculaires.

La pratique des injections est souvent assez délicate et nécessiterait de longs chapitres si l'on devait la décrire dans tous ses

détails. Nous ne pouvons que résumer ici les principaux points de cet important sujet et nous renverrons, pour plus de renseignements, aux savants ouvrages de M. Ch. Robin (1), et au *Traité d'histologie*, de M. Ranvier (2).

On appelle *masses*, les liquides que l'on injecte dans les vaisseaux. Ces masses sont de diverses espèces, transparentes, opaques ou colorées ; les unes s'emploient à chaud, les autres à froid.

Les masses à froid, colorées avec le carmin ou le bleu de Prusse, ont cet inconvénient que si l'on fait des coupes dans l'organe injecté, le liquide de l'injection s'écoule. Il faut donc congeler l'organe dans un mélange réfrigérant, avant de pratiquer des coupes que l'on plonge immédiatement après dans l'alcool ou dans un liquide durcissant, pour coaguler l'injection. Les petits organes peuvent même être plongés directement dans l'alcool sans avoir été congelés.

Les masses à chaud sont les plus commodes, et particulièrement celles qui sont composées de gélatine colorée au carmin. L'injection se coagule alors naturellement dans les tissus par le refroidissement.

Voici, d'après M. Ranvier, la manière de préparer la masse à la gélatine carminée :

On broie $2^{gr},50$ de carmin avec un peu d'eau distillée, de manière à obtenir une boue que l'on dissout dans l'ammoniaque. On bouche le flacon et on l'agite. D'autre part, on plonge pendant une demi-heure 5 grammes de gélatine fine de Paris dans l'eau distillée. Elle est alors gonflée ; on la retire et on la lave, on l'égoutte et on la chauffe au bain-marie pour la faire fondre. Quand elle est fondue, on verse lentement, et en remuant, la solution carminée. On doit obtenir ainsi environ 15 centim. cubes de liquide.

Enfin, on prépare une dissolution contenant :

Eau distillée....................................	2 p.
Acide acétique..................................	1

Cette liqueur est versée goutte à goutte dans la masse carminée pour saturer l'ammoniaque, saturation qu'il faut opérer avec le

(1) *Traité des injections ; — Traité du microscope*, in-8°. Paris, 1871.
(2) *Traité technique d'histologie*, in-8°. Paris, 1875.

plus grand soin. C'est par l'odeur que l'on reconnaît quand l'ammoniaque est neutralisée. Il ne faut pas dépasser ce point, sans quoi le carmin se précipite, ce qu'on reconnaît en examinant une goutte de la masse au microscope.

L'injection étant neutralisée, on la filtre à travers une bonne flanelle neuve et on la conserve dans un vase bien fermé.

On prépare aussi des injections au bleu de Prusse *soluble* et à la gélatine, au chromate de plomb, etc. Parfois on détermine la précipitation du bleu de Prusse dans l'intérieur des vaisseaux. Quant aux injections au suif coloré, on ne les emploie guère pour les préparations microscopiques.

Pour faire pénétrer les injections dans les vaisseaux, on se sert le plus souvent d'une seringue spéciale munie d'une série de canules appropriées, de formes et de grosseurs variables, suivant le diamètre des vaisseaux. Ces canules portent une gorge dans laquelle on serre le fil de la ligature qui fixe la canule dans le vaisseau. Il est en effet plus facile d'assujettir d'abord la canule dans le vaisseau avant d'y adapter la seringue, bien qu'il soit alors difficile de ne pas laisser passer quelques bulles d'air dans l'injection, ce qui rend considérable la force qu'il faut déployer pour faire pénétrer la masse jusque dans les dernières ramifications des capillaires. On peut encore monter la canule sur la seringue préalablement remplie, chasser l'air et introduire seulement alors la canule dans le vaisseau. On pousse, lentement et sans efforts brusques, l'injection qui a dû être chauffée jusque vers 40°, si elle est à base de gélatine. En injectant par l'artère, on voit bientôt le sang sortir par la veine, puis l'injection elle-même. On lie la veine et on continue à injecter avec précaution, après quoi on lie l'artère au-dessous de la canule et on place la pièce dans un liquide durcissant, l'alcool pour les injections au carmin, l'acide picrique, l'alcool ou le liquide de Müller pour les injections au bleu de Prusse.

Au lieu de la seringue, on peut employer, pour faire pénétrer la masse dans les vaisseaux, l'appareil dit *à pression continue*, de Ludwig, plus ou moins modifié. La masse à injection est placée dans un flacon à large embouchure (qu'on peut chauffer dans un bain à la température voulue, si l'on fait une injection à chaud).

Le bouchon du flacon est traversé par deux tubes dont l'un, qui se termine à la partie supérieure du vase, communique au dehors par un tube en caoutchouc avec la canule, et dont l'autre, pénétrant jusqu'au fond du vase, est droit, plus ou moins haut, et se termine par un entonnoir. On verse dans l'entonnoir du mercure qui descend dans le flacon, se rassemble à la partie inférieure et chasse l'injection par le tube supérieur dans le tuyau en caoutchouc et dans la canule.

On augmente la pression en versant dans le tube droit une plus grande quantité de mercure, afin d'augmenter la hauteur de la colonne ; en maintenant cette colonne, par de nouvelles additions de mercure, à la même hauteur, on rend la pression constante.

Beaucoup d'autres appareils, destinés à remplacer la seringue, sont journellement employés dans les laboratoires, et l'on comprend qu'on peut en modifier la forme de bien des manières. Nous renverrons, pour leur description, aux ouvrages spéciaux.

CHAPITRE II.

LE SANG, LA LYMPHE ET LA CIRCULATION

I. — Le sang.

Globules rouges. — Lorsqu'on examine le sang au microscope, on remarque qu'il est constitué par un liquide transparent que les histologistes appellent *plasma* et dans lequel roulent des globules qui paraissent de couleur rouge pâle et qu'on appelle les *globules du sang*.

Ces globules, découverts par Malpighi, ont, dans le sang de l'homme, la forme d'éléments arrondis, discoïdes, renflés sur les bords et déprimés au centre, ce dont il est facile de s'assurer sur les globules qui se présentent de profil. En raison de cette forme biconcave, la partie centrale, moins épaisse que les bords, est à peu près incolore.

Les globules sont constitués par une matière homogène et ne présentent à leur intérieur, chez l'homme adulte, ni noyau, ni nucléole, ni granulations (1). Ils sont très-probablement constitués par une membrane extrêmement mince contenant un liquide, cependant quelques histologistes nient l'existence de la membrane enveloppante. Ces globules sont mous, car si l'on détermine des courants dans la préparation en comprimant légèrement le porte-objet, ils roulent les uns sur les autres, se déforment en se touchant et reprennent aussitôt leur forme. Lorsqu'ils viennent à se superposer, leur coloration devient beaucoup plus intense.

Ces globules, qu'on appelle souvent *hématies*, ont à peu près tous la même dimension dans un même sang, mais ils varient d'un animal à un autre et même selon les individus. Chez l'homme et les animaux supérieurs les globules rouges du sang sont fort petits : leur diamètre varie de 6 à 7 millièmes de millimètre. On évalue le diamètre moyen à $0^{mm},0069$; cependant il peut tomber à $0^{mm},0046$. L'épaisseur est de $0^{mm},00184$. On évalue à 5,000,000 environ le nombre des globules qui peuvent exister dans un millimètre cube de sang.

Les globules ont une grande tendance à s'agglomérer les uns aux autres sous forme de colonnes ou de piles qu'on a justement comparées à des piles d'écus (fig. 50, *c*), lesquelles se greffent les unes sur les autres et forment comme un dessin ramifié. Cet effet est déjà un commencement d'altération des globules, car ces éléments sont éminemment instables. En quelques minutes, et pendant le temps que l'on met à recouvrir d'une lamelle mince la gouttelette de sang déposée sur le porte-objet, les globules diminuent de volume, se déforment et prennent un aspect crénelé sur les bords, et étoilé, qui est un commencement de dessiccation. Cependant, si la dessiccation du sang en couche mince, sur une lame de verre légèrement chauffée, se

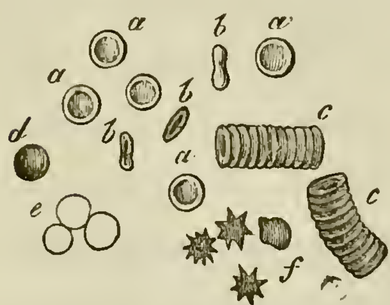


Fig. 50. — Globules rouges du sang de l'homme.

aa, vus de face ; *bb*, de profil ; *c*, empilés ; *d*, gonflés ; *e*, décolorés par l'eau ; *f*, ratatinés par l'évaporation.

(1) Les globules du sang du fœtus possèdent un noyau.

fait rapidement, une partie des globules restent circulaires, bien que le centre devienne saillant.

Si l'on veut observer les globules pendant quelque temps sous le microscope, il faut employer une très-petite quantité de sang et l'étendre, pour prévenir la dessiccation, non pas avec de l'eau, mais avec du sérum artificiel, avec de la salive ou même de l'urine, liquides qui conservent les globules plus ou moins longtemps, tandis que l'eau les altère rapidement. Si l'on ajoute, en effet, une goutte de ce liquide à la préparation, on voit que les globules ne s'étoilent pas, mais se gonflent, en devenant sphériques et se décolorent par suite de la dissolution de leur matière colorante dans l'eau qui devient jaunâtre (*d*, *e*). Leur diamètre diminue en même temps et descend de $0^{mm},0069$ à $0^{mm},0057$.

La plupart des sels en solution concentrée agissent sur les globules en les rétractant et en leur donnant l'aspect crénelé ; en solutions diluées, ils agissent comme l'eau et gonflent les éléments. Certains acides, les alcalis, après les avoir gonflés, finissent par les dissoudre; d'autres, tels que les acides chromique, tannique, picrique, l'alcool, etc., coagulent la matière albuminoïde qui compose le globule et le durcissent. Le carbonate de soude, l'acétate, surtout si l'on porte la préparation à une température de 50° à 52°, ont la propriété de gonfler les globules, de telle sorte qu'ils se retournent comme une calotte ou une sphère creuse dont une des faces du globule forme la surface externe, l'autre face la surface interne, tandis que les bords se rapprochent et même se soudent en ne laissant qu'une ou plusieurs ouvertures plus ou moins étroites.

L'étude des transformations et des déformations qu'éprouvent les globules rouges du sang sous l'influence des réactifs divers, de la chaleur ou simplement de l'altération cadavérique est très-intéressante et doit être faite, du moins pour le sang de l'homme, sous un grossissement qui ne soit pas inférieur à 300 diamètres et mieux avec une amplification de 500 fois (obj. 5 Nachet, 9 Hart., E, DD, Zeiss).

Si l'on soumet au même examen le sang de divers animaux, on reconnaît que la dimension des hématies est très-variable : ainsi,

le sang de l'éléphant offre des globules qui ont presque un centième de millimètre, 00^{mm},0096, tandis que ceux du cheval ne mesurent que 0^{mm},0056 et sont plus petits, par conséquent, que ceux de l'homme ; de même ceux du mouton n'ont que 0^{mm},0050, de la chèvre 0^{mm},0046, ceux du cochon d'Inde 0^{mm},0025. Ceux du lapin ont, au contraire, à peu près le même diamètre, 0^{mm},0069. Mais tous ces éléments sont de forme discoïde arrondie, et il en est de même pour le sang de tous les mammifères, excepté celui des chameaux, lamas et autres animanx de la famille des Caméliens dont les globules sont elliptiques. Le grand diamètre des globules du chameau mesure 0^{mm},0802.

Mais chez tous les vertébrés autres que les mammifères, les globules sont elliptiques. Tels sont ceux des oiseaux; leur grand diamètre varie de 0^{mm},0152 à 0^{mm},0184. Pas plus que chez les mammifères, on n'y distingue de noyau, à l'état adulte, du moins, car le sang du fœtus chez tous les vertébrés présente des globules munis d'un noyau intérieur (fig. 51).



Fig. 51. — Globules rouges du sang : 1. de la Grenouille ; 2. du Pigeon.
a, de face ; *b*, de profil ; *c*, décoloré par l'eau.

A partir de la classe des reptiles, les globules du sang sont elliptiques, en général de dimensions relativement considérables et pourvus de noyau à l'état adulte. Cependant, on trouve des globules arrondis dans le sang des poissons osseux, variant de 0^{mm},0115 à 0^{mm},0184 de diamètre. Le grand diamètre des globules elliptiques des poissns cartilagineux, varie de 0^{mm},022 à 0^{mm},028. Mais c'est surtout chez les Batraciens qu'on trouve des globules à dimensions considérables. Ceux de la grenouille mesurent 0^{mm},0226, dans leur grand diamètre, ceux des tritons de 0^{mm},0281 à 0^{mm},0325, ceux des salamandres de 0^{mm}, 0377 à 0^{mm}, 0451 ; ceux des poissons cryptobranches mesurent 0^{mm},0511, et ceux du protée ont 0^{mm},1260, c'est-à-dire qu'ils sont visibles à l'œil nu. Enfin ceux de l'*Amphiuma tridactylum*, reptile anguilliforme avec des rudiments de pattes, qui habite les bords du Mississipi, seraient trois fois plus grands encore et, d'après le D[r] Riddell, mesureraient 0^{mm},360 dans leur grand diamètre.

Le sang des invertébrés est, en général, incolore ou bleuâtre et renferme des globules arrondis ou mûriformes.

On comprend l'importance de ces déterminations de forme et de dimension des éléments du sang, car elles permettent de connaître qu'une tache de nature incertaine est due ou non à du sang et à du sang humain, ou à celui d'un autre animal, ce qui forme l'un des chapitres les plus importants de ce que l'on peut appeler la microscopie légale.

Globules blancs. — En examinant avec attention une petite quantité de sang frais sous le microscope, on ne tarde pas à reconnaître que les globules rouges ne sont pas les seuls éléments figurés qu'il renferme. On y remarque en effet d'autres globules, incolores, d'aspect granuleux et de diamètre variable, quoique en général plus gros que les globules rouges. Ces *globules blancs* sont sphériques et beaucoup moins nombreux que les premiers, car on n'en rencontre guère qu'un pour environ 350 globules rouges, dans les conditions ordinaires, bien qu'ils puissent se présenter en beaucoup plus grande quantité dans certains états physiologiques ou pathologiques. Ces corpuscules sont faciles à étudier parce qu'ils ne se déplacent pas sur le porte-objet comme les globules rouges et restent adhérents au verre, en raison de leur viscosité, alors qu'on fait rouler les autres, en exerçant une légère pression sur le couvre-objet avec la pointe d'une aiguille. Il faut avoir soin d'étendre le sang avec un liquide neutre, mais si l'on ajoute de l'eau on voit bientôt les globules blancs se gonfler; leur contour devient lisse et dans leur intérieur apparaît un noyau de forme irrégulière, qui semble multiple. Un peu d'acide acétique rend ces détails encore plus apparents. Quand les globules sont gonflés par l'eau, on peut constater un mouvement moléculaire ou brownien dans les granulations intérieures, mouvement qui indique une altération cadavérique.

Mais ces globules présentent une autre particularité curieuse qui prouve leur vitalité, c'est-à-dire des mouvements dits *sarcodiques* ou *amiboïdes*. Lorsqu'on les examine avec attention, dans du sang pris sur un animal vivant, et surtout si l'on chauffe doucement la préparation, on les voit, au bout de quelques minutes, se déformer et émettre une ou plusieurs expansions qui s'étendent lentement sur

le verre, changent de forme, déplacent peu à peu le globule et le font ressembler à l'Infusoire désigné sous le nom d'*Amibe*, lequel progresse ainsi en émettant des expansions de forme indéterminée. Ce phénomène peut durer fort longtemps, si l'on préserve le sang de l'évaporation en lutant les bords du couvre-objet avec un peu de cire ou de paraffine. Les acides détruisent aussitôt les mouvements sarcodiques.

L'eau, avons-nous dit, gonfle les globules blancs; au bout d'un certain temps, ils se rompent et répandent dans le plasma leurs granulations intérieures. Le sulfate, le phosphate de soude et divers autres sels ramènent à leur forme primitive les globules gonflés par l'eau.

On désigne souvent les globules blancs du sang sous le nom de *leucocytes*; ils sont accompagnés de globules plus petits ou *globulins* qui ne diffèrent des leucocytes que parce qu'ils ne donnent pas d'expansions sarcodiques (fig. 52, *a*, *b*).

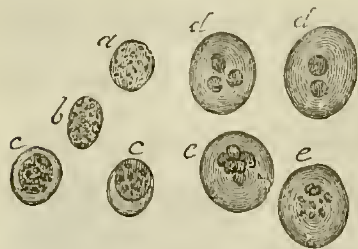


Fig. 52. — Globules blancs du sang ou cellules lymphatiques.

a, *b*, globules pris dans le canal thoracique; *c*,*d*, globules blancs du sang, avec noyau granuleux ou d'apparence multiple; *e*,*e*, les mêmes traités par l'acide acétique.

A mesure qu'on descend l'échelle animale on trouve les leucocytes de plus en plus nombreux dans le sang et les globules dont nous avons signalé l'existence dans le sang des invertébrés, articulés, mollusques, etc., etc., sont des leucocytes doués de mouvements amiboïdes très-énergiques.

Fibrine. — Si l'on opère sur du sang sortant de la veine, et sur une goutte un peu épaisse, on peut assister à la coagulation de la *fibrine* dissoute dans le plasma, laquelle se solidifie en minces filaments qui se feutrent en emprisonnant les globules. On obtient ainsi le *caillot*, et le liquide restant est le *sérum*.

Enfin, on peut constater dans le sang, quoique rarement à l'état normal, quelques gouttelettes graisseuses, faciles à reconnaître à leur aspect et à leur réfringence.

Hématine. — L'*hématine* ou *hématosine*, est la matière colorante du sang. On peut la trouver sous forme de granulations d'un rouge foncé dans le sang épanché depuis longtemps. Elle est inso-

luble dans l'eau, l'alcool, l'éther, etc.; mais on peut l'obtenir sous forme de cristaux à l'état de combinaison avec l'acide chlorydrique. On ajoute un peu de chlorure de sodium au sang sur le porte-objet, puis une goutte d'acide acétique concentré, et on chauffe à l'ébullition. Dans le résidu sec, on trouve des cristaux d'un brun foncé, en tablettes rhomboïdales, d'une substance que l'on désigne souvent sous le nom d'*hémine*, mais qui est la combinaison de l'*hématine* avec l'acide chlorhydrique.

Cette matière colorante renferme du fer en combinaison. Elle cristallise quelquefois spontanément dans les anciens foyers hémorrhagiques, sous forme d'aiguilles ou de tablettes rhomboïdales. On l'appelle alors *hématoïdine*, mais elle a perdu un équivalent de fer et acquis un équivalent d'eau. Ce n'est donc plus l'hématine. Elle est devenue identique ou au moins très-analogue à la *bilirubine*, matière colorante de la bile.

L'*hématoglobuline*, *hémoglobine*, *hématocristalline* est la matière colorante du sang, l'hématine, associée à la substance albuminoïde (*globuline*) qui forme le globule. Elle cristallise parfois spontanément dans des amas de sang anciens. C'est ainsi qu'on la trouve souvent dans le tube digestif des sangsues, ixodes, etc., etc. On l'obtient sous forme de cristaux en faisant successivement geler et dégeler le sang frais. La forme des cristaux n'est pas la même quand ils proviennent de sang humain ou de sang de divers animaux. Disposés en aiguilles prismatiques dans le sang de l'homme, ils ont la forme de tablettes hexagonales, comme des carreaux de dallage, dans celui de l'écureuil et de tétraèdres réguliers (pyramides triangulaires) dans celui du cochon d'Inde.

Préparation. — En raison de leur instabilité, les éléments du sang sont difficiles à conserver en préparation de collection. Les leucocytes, en particulier, ne se conservent jamais sans que l'eau produise son action en faisant apparaître le noyau granuleux. C'est le liquide de Pacini, première et deuxième formule, qui conserve le mieux les globules du sang (1).

(1) On trouve, chez M. Eugène Bourgogne fils, de très-bonnes préparations des globules du sang contenant, dans de petites cellules séparées, du sang d'homme, d'oiseau, de poisson, d'ophidien et de batracien.

II. — La lymphe et le chyle.

La *lymphe* et le *chyle* sont, comme le sang, formés par un plasma dans lequel nagent des éléments dont les plus importants sont les globules blancs identiques à ceux du sang, ou plutôt les leucocytes de la lymphe sont ceux que l'on retrouve plus tard dans le sang (fig. 52, *a*, *b*). Les physiologistes admettent que les leucocytes forment les globules rouges sanguins, lesquels seraient des organites au terme de leur développement, finissant par se dissoudre dans le plasma. Frey dit avoir observé chez le lapin toutes les formes intermédiaires entre le globule blanc et le globule rouge; Recklinghausen et Kölliker ont pu produire des globules rouges avec les leucocytes de la grenouille en les abandonnant dans une atmosphère humide à la chaleur d'une étuve.

La lymphe est coagulable comme le sang. Le chyle est la lymphe prise dans les vaisseaux lymphatiques de la muqueuse intestinale pendant la digestion et chargée de matières albuminoïdes et graisseuses résultant de la digestion elle-même.

Les leucocytes de la lymphe et du sang se retrouvent aussi dans le pus, où ils ont parfois subi des modifications plus ou moins importantes par suite de l'altération cadavérique, mais qui permettent toujours de reconnaître leurs caractères.

III. — La circulation.

Il est facile d'observer au microscope la circulation sanguine sur certains petits animaux vivants, la grenouille, la souris, les jeunes poissons, etc., etc.

L'animal le plus commode pour cette expérience est la grenouille, d'abord parce qu'elle ne se défend pas, et ensuite parce que le volume considérable de ses globules en rend l'observation facile. On peut étudier la circulation dans la membrane interdigitale des pattes postérieures, dans les vaisseaux de la face inférieure de la langue ou dans le mésentère.

Pour étudier la membrane interdigitale, on enveloppe la gre-

nouille dans un petit sac ou dans une bande de linge qui ne laisse sortir que la patte en expérience, et avec de fortes épingles on fixe l'animal ainsi emmaillotté sur une plaque de liége de 5 à 6 centimètres de large sur 15 de long. Vers le quart de sa longueur, cette plaque est percée d'un trou de 15 millimètres à peu près de côté, sur lequel on colle un petit morceau de verre porte-objet. C'est sur ce verre que l'on allonge la patte de la grenouille, en étalant la membrane interdigitale au moyen d'épingles qui tiennent les doigts écartés, et s'implantent dans le liége au delà et sur les côtés du morceau de verre (1).

On opère de même pour étudier la circulation dans la langue, seulement on place la grenouille sur le dos afin que l'organe (qui est dirigé en arrière) soit moins tordu. On fixe l'animal soigneusement afin qu'il ne puisse faire de mouvements gênants, et de manière que sa bouche effleure le trou de la plaque de liége. On écarte les mâchoires, et avec des pinces mousses on tire la langue au dehors, puis on l'étale sur le verre en la fixant tout autour de la lame à l'aide de fines épingles que l'on enfonce à travers les bords de la langue. On peut se servir ou non d'un couvre-objet.

La préparation du mésentère est un peu plus compliquée et exige que la fenêtre percée dans le liége soit placée à la hauteur de l'abdomen de l'animal qu'on attache sur le dos, ainsi que nous l'avons indiqué, mais très-solidement et au besoin à l'aide d'épingles plantées à travers la mâchoire supérieure. On peut aussi anesthésier la grenouille à l'aide de quelques gouttes de chloroforme ou de solution de curare injectées sous la peau.

On ouvre alors l'abdomen sur le côté gauche, au niveau du trou vitré de la planchette, sur une étendue de 2 centimètres, on incise couche par couche, avec précaution, en laissant aux petites hémorrhagies le temps de s'arrêter au contact de l'air ou d'un corps froid. On étale l'intestin hors de l'abdomen, de manière à tendre une portion du mésentère sur la lame de verre légèrement chauffée, et on fixe l'intestin sur les bords, au delà, avec de fines épingles plantées dans le liége.

(1) Goadby a inventé un petit appareil (*frog-plate*) très-commode pour cette expérience.

On a ainsi une surface transparente, tendue sur le porte-objet. Il suffit alors de porter la plaque ainsi chargée sur la platine et de l'y fixer d'une manière commode. On peut d'ailleurs ne pas employer de couvre-objet, mais il faut avoir soin d'éviter les hémorrhagies, de nettoyer et d'humidifier fréquemment les surfaces, qui se dessèchent rapidement, avec un peu d'eau distillée tiède au bout d'un pinceau très-doux.

On prend, avec les objectifs numéros 0 ou 1 N, une vue d'ensemble de la partie, et pour les détails on se sert des objectifs supérieurs.

On reconnaît alors facilement les artères, les veines et même, dans le mésentère de petits vaisseaux incolores, irréguliers, dans lesquels circulent des globules ronds et blancs, ce sont des vaisseaux lymphatiques. L'épithélium du péritoine et les autres éléments anatomiques que nous décrirons plus tard sont faciles à examiner ; il en est de même dans la langue.

Quant aux vaisseaux sanguins, ils présentent un admirable spectacle et qui frappe toujours d'étonnement les personnes qui le voient pour la première fois. Les globules y roulent les uns sur les autres en se comprimant doucement à leurs points de contact, entraînés par un mouvement rapide qui paraît plus actif dans les artères, où l'on perçoit l'effet des pulsations du cœur, que dans les veines. Le courant des globules se tient particulièrement dans la partie centrale de la lumière du vaisseau[1], et sur les bords règne un espace transparent abandonné par les globules. Cependant les leucocytes se meuvent plus près de cette zone que les globules rouges. Ces leucocytes s'arrêtent quelquefois sur les parois et s'accumulent même jusqu'à ce qu'ils soient entraînés par le courant. Dans les capillaires, on voit souvent les globules circuler un à un en raison de l'étroitesse du vaisseau, et l'on peut compter ceux qui passent dans un temps donné. C'est ainsi, par exemple, que l'on peut vérifier qu'il passe environ 15 à 20 globules rouges pour un globule blanc, et que dans l'espace d'une minute 100 des premiers globules circulent dans le vaisseau.

On constate encore, en faisant cette expérience, le fait remarqué par Feltz, que les leucocytes peuvent traverser les parois des capillaires.

On distingue facilement, d'ailleurs, les artères des veines à leur calibre plus petit, aux pulsations cardiaques, à la rapidité et à la direction du courant sanguin qui va du centre du corps de l'animal à la périphérie, en se divisant dans des canaux de plus en plus petits jusqu'aux dernières artérioles et aux capillaires qui n'ont plus que le diamètre suffisant pour laisser passer un globule. Dans les veines, plus larges, le sang marche plus lentement, allant de la circonférence au centre du corps, c'est-à-dire venant des capillaires et des vésicules pour se déverser dans des canaux de plus en plus larges jusqu'aux gros troncs veineux.

Souvent, un petit filet jaunâtre accompagne une artère, c'est un nerf, dont on peut suivre les divisions de plus en plus fines à travers les organes.

Sur les globules même, surtout si l'on opère sur de petits mammifères, la souris, par exemple, on pourra constater que dans les artères la forme biconcave du globule rouge est plus accentuée que dans les veines, effet dû à l'oxygène du sang artériel et qu'on peut reproduire artificiellement en agitant du sang défibriné avec de l'oxygène dans un flacon, tandis qu'en l'agitant avec de l'acide carbonique les globules se gonflent sensiblement au centre, reproduisent ainsi l'aspect qu'ils présentent dans le sang veineux.

Tous ces phénomènes peuvent être observés encore dans les vaisseaux délicats qui parcourent les bords minces et transparents de la queue des têtards de grenouille ; mais sur quelque animal qu'on la fasse, l'étude de la circulation constitue une des observations les plus curieuses et les plus instructives que l'on puisse faire sous le microscope.

CHAPITRE III

LES ÉPITHÉLIUMS

On appelle *épithélium* un tissu formé par des cellules serrées qui tapissent en couches plus ou moins épaisses les surfaces extérieures et intérieures du corps de l'homme et des animaux, la peau, les

muqueuses du tube digestif, des voies respiratoires, de l'appareil génito-urinaire ; toutes les glandes, les cavités closes, comme les séreuses, la plèvre, le péritoine, l'intérieur de l'œil, les ventricules du cerveau, etc. etc., sont recouvertes par une couche non interrompue, composée de cellules de formes variables et telles qu'à l'examen microscopique on peut reconnaître à quel organe appartient tel fragment d'épithélium.

On admet que l'élément primordial de tous les tissus composant le corps des êtres vivants est la cellule munie d'un noyau dans son intérieur, et la forme primitive de la cellule est sphérique. Néanmoins, il est très-rare qu'on la trouve sous cet aspect. La juxtaposition des cellules, leur superposition en couches plus ou moins épaisses et leur compression les unes contre les autres sont autant de causes qui les déforment dans différents sens.

C'est ainsi que les cellules disposées en couches nombreuses seront en général aplaties transversalement par la pression des couches les unes sur les autres, tandis que les cellules disposées en couche unique seront, au contraire, comprimées dans le sens de leur hauteur comme les alvéoles d'un rayon d'abeilles. Elles pourront être polyédriques, comme ces alvéoles eux-mêmes, ou cylindriques, si elles sont moins serrées.

On peut donc diviser les épithéliums en deux espèces : 1° *épithéliums aplatis ;* 2° *épithéliums cylindriques.*

I. — Épithéliums aplatis.

Rien n'est plus facile que d'observer des cellules d'épithélium aplati. Il suffit de déposer sur la lame porte-objet une goutte de salive, un peu du mucus ui enduit l'intérieur de la bouche ou la surface de la langue, une goutte d'urine, pour distinguer, sous un grossissement moyen, un assez grand nombre de cellules plates, pâles, de forme irrégulièrement circulaire, à membrane souvent plissée et chiffonnée sur elle-même, contenant un noyau homogène ou granuleux entouré de granulations plus fines (fig. 53).

Ces cellules, quelquefois réunies, souvent isolées, peuvent avoir en moyenne $0^{mm},060$ de diamètre, et le noyau $0^{mm},012$.

On trouve des épithéliums aplatis qui n'offrent qu'une seule couche de cellules à la face interne des cavités cardiaques, séreuses, synoviales, des vaisseaux lymphatiques et sanguins, des canaux glandulaires, sur plusieurs des membranes de l'œil, etc., etc.

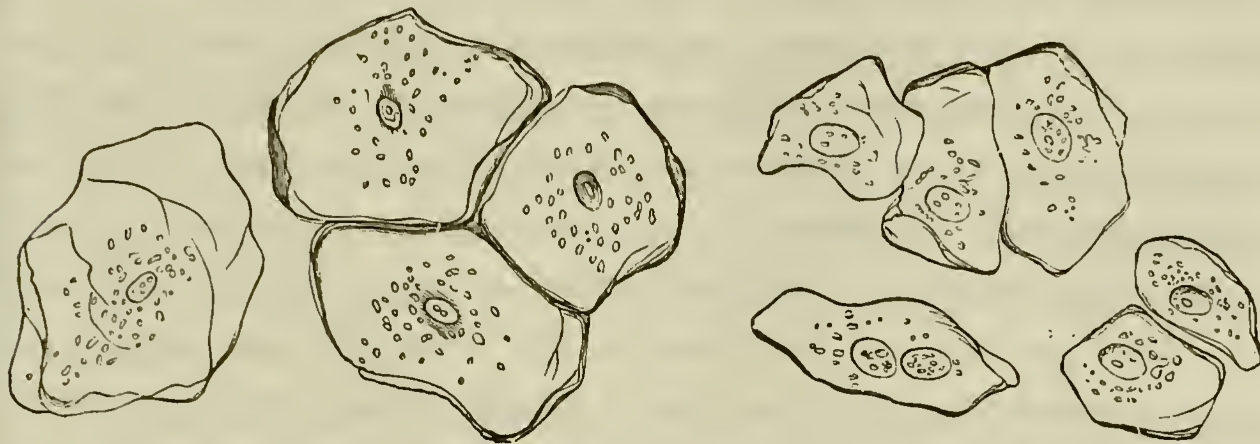


Fig. 53. — Cellules épithéliales de la muqueuse buccale de différentes dimensions. (Grossissement 350 diamètres.)

La couche de cellules qui forme l'épithélium des séreuses est formée par des cellules pâles, irrégulièrement arrondies et munies d'un noyau très-net. Leur contour est rendu beaucoup plus visible quand on traite la préparation par le nitrate d'argent. Leur diamètre varie de $0^{mm},009$ à $0^{m},022$. Dans les vaisseaux, les cellules sont allongées, fusiformes, de $0^{mm},022$ à $0^{mm},045$ de longueur avec un noyau de même apparence.

D'autres cellules, par exemple celles qui tapissent les ventricules cérébraux, ont des dimensions beaucoup plus considérables et même, par-dessous, de petits prolongements en forme de cornes. Elles renferment souvent plusieurs noyaux.

Lorsqu'on examine certains épithéliums (tels que celui des séreuses, que nous avons décrit), par leur surface supérieure, on remarque que les cellules, pressées les unes contre les autres, offrent l'aspect du pavage de nos rues. C'est pour cette raison qu'on les désigne sous le nom d'*épithéliums pavimenteux*, mais c'est à tort, à notre avis, que l'on donne ce nom (Frey) à tous les épithéliums aplatis, car ceux qui sont formés de cellules cylindriques devenues polyédriques par la compression offrent à un haut degré cet aspect pavimenteux.

Parmi les épithéliums pavimenteux formés d'une seule couche

de cellules aplaties ou du moins non cylindriques, l'un des plus curieux à étudier est celui qui tapisse certaines membranes de l'œil, par exemple la *choroïde*, la *cristalloïde antérieure*, etc., etc.

La cristalloïde antérieure est une des membranes qui tapissent le cristallin. Pour la préparer, il faut se procurer un œil aussi frais que possible, et l'on trouve facilement des yeux de bœuf, de veau ou de mouton dans des conditions satisfaisantes. On place l'œil dans un de ces petits vases destinés aux dissections dans l'eau et que l'on nomme *baquets*. On verse de l'eau de manière à ce que le globe oculaire soit immergé et on ouvre celui-ci par le côté pour arriver à la face postérieure du cristallin. On trouve là une membrane excessivement transparente, fine et fragile qu'on peut apercevoir parce qu'elle flotte dans l'eau, c'est la cristalloïde postérieure. On enlève alors le cristallin avec précaution et, en avant de cet organe, on trouve une seconde membrane qui le sépare de l'iris. C'est la cristalloïde antérieure. Si l'on en porte un fragment sous le microscope, on reconnaît qu'elle présente l'aspect d'une élégante mosaïque formée de cellules pâles, à noyau arrondi, hexagonales et rappelant absolument les alvéoles des abeilles. On peut rendre leurs bords plus facilement visibles en traitant la préparation par le nitrate d'argent très-dilué.

La choroïde est cette membrane d'un noir plus ou moins intense qui tapisse le fond de l'œil. Observée dans le microscope, sa couche interne présente le même aspect que la cristalloïde antérieure, sauf que les cellules sont remplies de granulations d'une matière noire qu'on appelle *pigment*. Les noyaux ne contiennent pas de pigment, non plus que les lignes intercellulaires qui restent incolores et qu'on peut rendre beaucoup plus visibles en traitant la préparation par l'acide acétique. Ces cellules sont hexagonales comme les carreaux de dallage (fig. 54, *a*) ; quelques-unes cependant sont plus grandes et octogonales. Si l'on examine ces cellules en coupe (*b*), on constate qu'elles sont très-aplaties et que le pigment n'est pas déposé dans toute l'épaisseur de la cellule, mais seulement dans la moitié qui confine

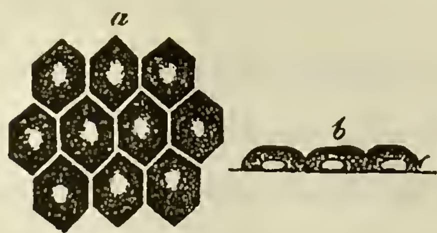


Fig. 54. — Épithélium pigmenté de la choroïde.
a, de face ; *b*, de profil.

à la rétine, c'est-à-dire à la face interne. Les épithéliums ainsi colorés sont dits *épithéliums pigmentés*.

Chez les animaux albinos, l'épithélium de la choroïde présente le même aspect, mais le pigment manque dans les cellules. On peut s'en convaincre facilement dans l'œil du lapin blanc.

Les épithéliums formés de plusieurs couches de cellules aplaties, épithéliums *stratifiés*, peuvent se remarquer aussi dans l'œil. Tel est celui qui recouvre, en dehors, la cornée transparente, lequel se compose de trois ou quatre rangées de cellules. On les observera facilement en pratiquant des coupes minces sur un organe durci dans l'acide chromique.

Mais le plus facile à observer de ces épithéliums et l'un des plus remarquables par le grand nombre de couches qui le composent est celui qui recouvre la peau ou mieux le *derme* et qu'on désigne en général sous le nom d'*épiderme cutané*.

Cet épiderme est plus ou moins épais suivant les parties du corps où on l'examine ; sa plus grande épaisseur se trouve à la paume des mains et à la plante des pieds. Cette épaisseur variable est fournie par ses couches superficielles, car il se compose de deux couches distinctes qu'on peut séparer par la macération, la *couche cornée* et la *couche muqueuse* ou *réseau muqueux de Malpighi*. Ces deux couches recouvrent le derme et ses papilles, ce qui donne à la surface de la peau cet aspect sillonné que l'on remarque, par exemple sur la pulpe des doigts. La couche cornée est formée d'un nombre plus ou moins considérable de rangées superposées de cellules aplaties, mesurant de $0^{mm},022$ à $0^{mm},045$, ayant l'apparence d'écailles épaisses, cornées, et dans lesquelles les noyaux ont disparu le plus souvent (les noyaux existent chez le fœtus). On ne peut rendre à ces écailles ou lamelles cornées leur aspect primitif de cellules qu'en les faisant bouillir dans la potasse ou la soude.

Le corps muqueux est formé lui-même de trois étages de cellules ; le moins profond est composé de plusieurs couches de cellules ovalaires, possédant encore un noyau, qui sont destinées à former plus tard les cellules cornées, à mesure que les rangs les plus superficiels s'useront par le frottement de la peau contre les objets extérieurs. Le second étage est composé de plusieurs couches de

cellules arrondies dont les bords dentelés s'engrènent les uns les autres. (Ces cellules dentelées se trouvent dans les muqueuses.) Les noyaux y sont distincts, et même des nucléoles apparaissent dans les noyaux. Enfin, la couche la plus profonde, celle qui tapisse les papilles du derme, est formée de cellules allongées dans le sens de leur hauteur comme celles des épithéliums cylindriques. Leurs contours sont peu distincts, et il n'est pas certain qu'elles soient limitées par une membrane enveloppante. Toutefois elles sont nucléées. Leur largeur n'est guère que de $0^{mm},007$ à $0^{mm},009$. C'est le réseau muqueux proprement dit. C'est particulièrement dans cette couche que se dépose le pigment noir qui colore la peau des nègres et même celle des blancs en certaines parties du corps, surtout chez les personnes brunes.

D'ailleurs, les différentes couches de l'épiderme ont une couleur mate, blanchâtre, ou même légèrement brune, qui masque la nuance d'un rouge vif qu'offre le derme, nuance qui reparaît avec plus ou moins de vivacité sur les parties où l'épiderme est très-mince, comme les lèvres.

II. — Épithélium cylindrique ou prismatique.

Cet épithélium tapisse par exemple toute la muqueuse intestinale. Il est toujours composé d'un seul rang de cellules plus hautes que larges, réellement cylindriques ou coniques, la base étant à la surface libre. En se comprimant, elles prennent, surtout à cette surface, l'aspect polyédrique ; aussi ces épithéliums vus par-dessus ont-ils l'aspect pavimenteux. Les noyaux sont arrondis, nucléolés, et le protoplasma qui remplit les cellules, le plus souvent, finement granuleux. Très-souvent aussi, particulièrement quand ces cellules sont cylindro-coniques, une matière intercellulaire plus ou moins abondante est répandue entre elles, de manière qu'elles y paraissent plantées ou enchâssées par leur pointe (fig. 55).

Leurs dimensions, dans l'intestin de l'homme, varient suivant les régions, de $0^{mm},004$ à $0^{m},009$ de largeur sur $0^{mm},020$ à $0^{mm},026$ de profondeur. Il en résulte que, vues d'en haut, elles présentent

un aspect pavimenteux très-élégant, mais avec des éléments plus petits que dans les épithéliums aplatis et ne laissent apercevoir les noyaux que dans une plus grande profondeur.

Ces épithéliums sont, en général, recouverts par une lame mince qui forme comme un enduit à leur surface libre et qu'on appelle *plateau* (*a*). Ce plateau est souvent percé d'un grand nombre de petits canaux perpendiculaires à la surface et qui se continuent jusqu'à la membrane supérieure de la cellule et, peut-être, la traversent.

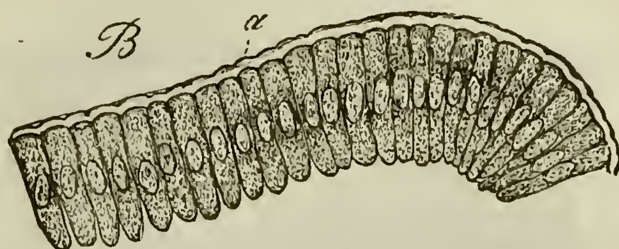


Fig. 55. — Épithélium de la muqueuse intestinale (350 diam.).

Si l'on soumet ces épithéliums à l'action de l'eau, on remarque que les cellules s'imbibent facilement et se gonflent ; des gouttelettes transparentes apparaissent à la surface du plateau, qui souvent se décolle. L'eau absorbée fait hernie dans l'intérieur des cellules dont le protoplasma est refoulé de côté ou vers la pointe. Et si l'on ajoute de l'acide acétique, le plateau se résout en un grand nombre de petits bâtonnets ou de prismes qui restent adhérents à la surface supérieure de la cellule et lui donnent l'apparence d'une cellule à cils vibratiles.

En effet, il est parmi les épithéliums cylindriques une variété qu'on trouve sur la muqueuse des voies respiratoires le long de la trachée et des bronches, sur la muqueuse nasale, sur celle de l'utérus, dans certaines parties des organes génitaux mâles, du cerveau, des trompes d'Eustache, dans la caisse du tympan.

Les cellules qui composent cet épithélium, le plus souvent cylindriques et semblables à celles que nous avons décrites plus haut, au lieu d'avoir leur surface libre recouverte d'un plateau composé de bâtonnets accolés, ont cette même surface garnie de 20 à 30 filaments longs de $0^{mm},002$ à $0^{mm},050$, suivant les régions, lesquels semblent implantés sur un mince plateau et sont animés de mouvements vifs de diverse nature. Tantôt le mouvement se fait en *crochet*, comme celui d'un doigt qui se plie et se redresse, tantôt en *cornet*, mouvement conique dont le point d'insertion du cil est

le sommet et l'extrémité libre du même cil, la base; tantôt en ondulant ou en serpentant (fig. 56).

On peut observer les *cellules à cils vibratiles* sur soi-même en râclant profondément la muqueuse nasale avec un cure-dent et en examinant le mucus qui en provient. On les trouve aussi dans le mucus du coryza commençant; mais elles sont mortes et inertes. On les observe à l'état actif sur de petits animaux en enlevant un mince lambeau superficiel de la trachée ou des fosses nasales des mammifères ou des oiseaux, près du larynx chez les grenouilles, à la surface des branchies chez les mollusques, et rien n'est plus facile que de l'examiner sur un lambeau du manteau d'une huître ou d'une moule. On place ce lambeau dans du sérum s'il s'agit d'animaux à sang chaud, dans l'eau pour les animaux aquatiques. Il faut ajouter de l'eau à 25 ou 30° et maintenir si l'on peut la préparation à une température de 35 à 40°, car le mouvement s'arrête au-dessous de 10°, mais il peut reprendre en réchauffant la préparation. Les chambres à atmosphère humide et à température constante sont très-commodes pour cette étude, et l'on peut y conserver les épithéliums vibratiles en mouvement pendant plus longtemps.

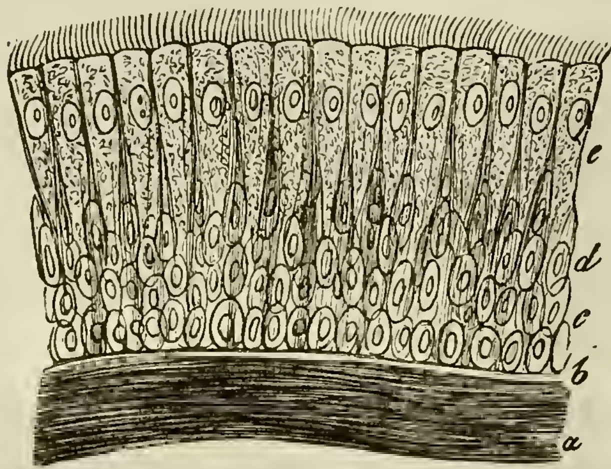


Fig. 56. — Épithélium vibratile de la trachée-artère chez l'homme : *a*, couche fibreuse de la trachée; *b*, couche superficielle; *c*, *d*, couches profondes de l'épithélium; *e*, cellules vibratiles.

On constate alors que ces filaments sont très-fins, hyalins, mousses à leur extrémité libre et paraissent provenir du protoplasma ou matière intérieure de la cellule dont ils traversent le plateau par des canalicules. Leur aspect à la surface de la muqueuse des grenouilles a été comparé justement à celui d'un champ de blé sur lequel passe un vent léger. On les retrouve à la surface du corps de certains infusoires, par exemple le long du tube en forme de trompette qui compose le corps des Stentoriens. Ce mouvement rapide et vif appartient en propre à l'élément anatomique, car les anesthésiques, les narcotiques, appliqués à l'animal, ne l'arrêtent ni ne le modifient.

Il est suffisant pour chasser les corpuscules flottants et même pour entraîner les petits lambeaux d'épithélium en suspension dans le liquide, lambeaux auxquels ils adhèrent et qui semblent ainsi doués d'un mouvement volontaire.

On ne trouve de cellules vibratiles que sur les épithéliums cylindriques chez les vertébrés à sang chaud ; on en trouve sur les épithéliums d'autres formes chez les animaux inférieurs.

Préparation. — On peut étudier les cellules de l'épithélium buccal, en délayant sur le porte-objet un peu de matière blanchâtre qu'on obtient en raclant avec l'ongle la surface interne de la joue. Pour les autres épithéliums, on les étudiera en pratiquant des coupes minces sur des fragments de muqueuses durcis dans l'alcool ou dans le liquide de Müller. On isolera les cellules en raclant avec un scalpel la surface des mêmes muqueuses après une macération de 12 à 24 heures dans le sérum iodé ou dans l'alcool à 36° étendu de 2 fois son poids d'eau. On pourra les colorer avec le carmin, le picro-carminate d'ammoniaque ou le bleu d'aniline.

Des fragments d'œsophage de la grenouille ou de petits lambeaux du manteau des moules ou des huîtres, examinés dans le liquide ambiant, montreront les cellules vibratiles en mouvement.

CHAPITRE IV

LES TISSUS

Parmi les tissus nombreux qui composent le corps de l'homme et des animaux, nous signalerons seulement ici les tissus *cartilagineux*, *conjonctif*, *osseux*, *musculaire et nerveux*.

I. — Tissu cartilagineux.

Le tissu cartilagineux qui forme une partie des côtes, que l'on trouve aux extrémités articulaires des os longs, entre les vertèbres, dans les différentes pièces du larynx, de l'oreille, dans les anneaux

de la trachée, etc., se compose d'une masse qu'on appelle *substance fondamentale*, tantôt homogène et hyaline, comme dans tous les cartilages embryonnaires, striée ou reticulée, veloutée comme dans l'épiglotte, franchement fibreuse ou même lamelleuse et feutrée, comme dans les ligaments intervertébraux. Dans cette substance sont répandues des cellules plus au moins nombreuses selon l'âge du cartilage, isolées les unes des autres ou formant de petits groupes séparés, provenant primitivement de la multiplication d'une cellule qui s'est fractionnée. On les appelle *chondroplastes*. A l'origine, chaque cellule ne contient qu'un noyau au milieu d'un protoplasma granuleux, avec des gouttelettes graisseuses. Le noyau est vésiculeux, nucléolé, et la cellule, dépourvue de membrane, mesure de $0^{mm},010$ à $0^{mm},080$. Plus tard, deux noyaux se forment dans la cellule qui bientôt se cloisonne, et l'on a deux cellules au lieu d'une. C'est ainsi que l'on constate l'existence de deux noyaux dans une même cellule. La multiplication va en progressant, et c'est ainsi que se forment, dans la masse fondamentale, les groupes de cellules dont nous avons parlé.

Mais, en examinant de plus près, on remarque que les cellules de cartilage sont environnées d'une sorte de zone qui paraît formée par la substance fondamentale condensée. On appelle cette enveloppe *capsule*. Quand la cellule se divise, une *capsule secondaire* se forme autour de chacune des deux nouvelles cellules, lesquelles capsules secondaires sont elles-mêmes enveloppées par la capsule primitive qui entourait la cellule divisée. Ces capsules successives paraissent être le produit d'une sécrétion du protoplasma cellulaire (fig. 57).

On étudie bien la structure du cartilage et des chondroplastes, en faisant des coupes minces avec un rasoir ou un scalpel dans le cartilage et en plaçant la coupe dans l'eau ou dans la glycérine additionnée ou non d'eau alcoolisée. Il est souvent utile de faire bouillir la préparation, soit sur le porte-objet, soit dans un tube avec un peu d'eau pure ou acidulée, pour ramollir la substance fondamentale et mettre en évidence les capsules et les cellules. En traitant le fragment de cartilage par l'eau d'iode, on voit les cellules se colorer en brun, tandis que la masse fondamentale et les cap-

sules se colorent à peine ; mais l'iode rétractant les cellules cartilagineuses, il est préférable d'employer l'acide picrique (Ranvier) qui ne les rétracte pas et donne une idée très-nette de leur constitution.

On remarque que les cartilages peuvent s'infiltrer de matière grasse en plus ou moins grande quantité. On voit alors les gouttelettes graisseuses réunies dans les cellules autour du noyau. Mais

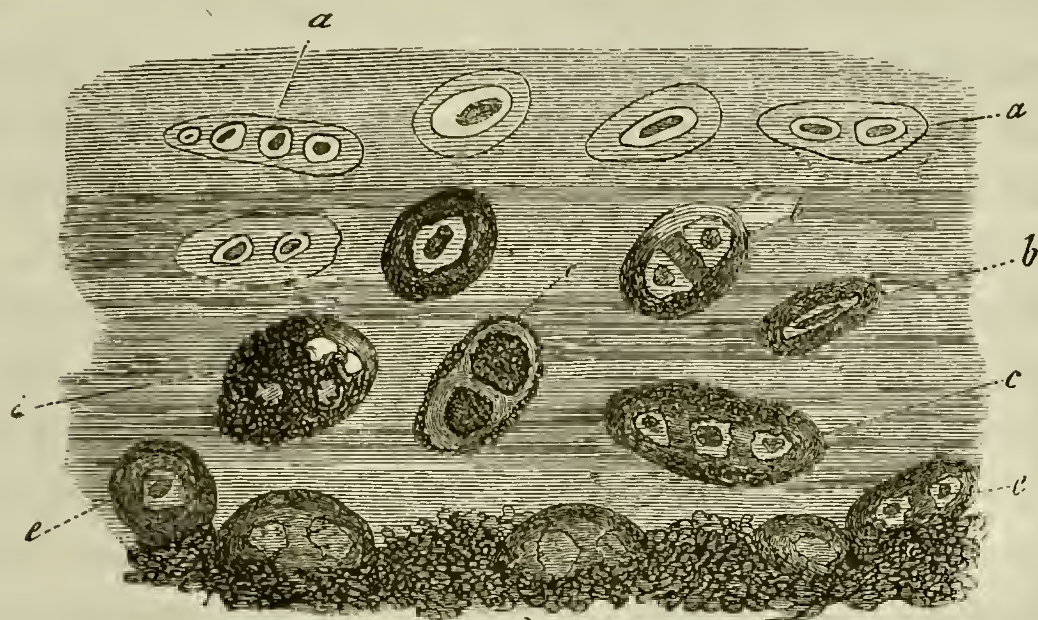


Fig. 57. — Cartilage du pubis chez l'homme (350 diam.).
a, cellule de cartilages ; *b*, en voie de calcification ; *c*, presque entièrement calcifiées ; *e*, cellules calcifiées à demi engagées dans la substance fondamentale infiltrée de granulations calcaires.

une autre infiltration qui se produit toujours chez les vieillards est l'infiltration calcaire (qu'il ne faut pas confondre avec l'ossification). Cet envahissement du cartilage par de fines granulations calcaires, de plus en plus nombreuses et serrées, a surtout pour siége la matière fondamentale et la capsule des chondroplastes.

Préparation. — Il est facile de faire au rasoir des coupes minces dans la plupart des cartilages. On les examine aussitôt (parce que les cellules se rétractent facilement) dans l'eau, la glycérine ou une sérosité neutre.

II. — Tissu conjonctif.

Ce tissu sert à combler les espaces qui règnent entre les organes, il constitue les tuniques des vaisseaux, les tendons des muscles, les aponévroses, les ligaments, etc.

Sa composition est d'ailleurs très-diverse suivant la région où on l'examine. Dans le plus grand nombre des cas, nous pouvons le considérer comme formé de *fibres* dites *conjonctives* ou *lamineuses*, de *fibres élastiques* et de *cellules* ou *corpuscules conjonctifs*. Selon la partie à laquelle est emprunté le tissu qu'on étudie, les fibres conjonctives y sont en grande abondance et les fibres élastiques très-rares, et l'on a affaire au *tissu conjonctif* proprement dit, *tissu cellulaire* des anciens anatomistes, *tissu lamineux*, etc. Ou bien les fibres élastiques y figurent en presque totalité, assemblées en faisceaux que séparent de minces couches de fibres lamineuses, et l'on a affaire au *tissu élastique* proprement dit, *tissu fibreux*, *tendineux*, etc.

Les fibres lamineuses ou conjonctives se présentent sous forme de filaments déliés, élastiques, transparents, non ramifiés, mesurant environ $0^{mm},0006$ de diamètre. Ces fibres sont réunies en faisceaux rubanés plus ou moins considérables, qui grâce à l'élasticité des fibres composantes ont un aspect ondulé ou strié. Les faisceaux sont tantôt parallèles, tantôt entrecroisés, ils peuvent s'unir les uns aux autres en formant comme un tissu aréolaire. Ces fibres n'ont en général pas d'enveloppe, excepté dans les points où le tissu est très-lâche. La principale réaction des fibres lamineuses est la propriété qu'elles ont de se gonfler dans l'acide acétique en perdant l'aspect strié et en devenant transparentes, ce qui permet d'étudier les autres éléments du tissu, par exemple les fibres élastiques et les cellules ou noyaux, lesquels ne subissent aucune modification semblable. Mais les fibres lamineuses ainsi traitées, gonflées et invisibles, ne sont pas dissoutes, car les lavages dans l'eau pure ou additionnée d'un peu d'ammoniaque leur rendent leur premier aspect. Les alcalis étendus agissent à peu près comme l'acide acétique.

Les fibres élastiques au contraire résistent à l'acide acétique et aux alcalis. Elles se présentent sous forme de fibrilles semblables aux précédentes comme ténuité, mais d'une couleur plus foncée. Elles sont souvent contournées et enroulées. Elles se ramifient et s'anastomosent en formant des réseaux à mailles plus ou moins larges. On observe ce tissu d'une façon complète sur les tuniques

moyenne et externe des grosses artères, par exemple de l'aorte du bœuf.

Enfin, les cellules conjonctives, corpuscules ou noyaux embryoplastiques, sont assez difficiles à examiner parce que les réactifs qui nous permettent d'étudier le tissu conjonctif, leur font subir des modifications de forme. La meilleure manière de les observer consiste à les prendre à l'état vivant, en excisant de petites plaques minces et transparentes de tissu conjonctif entre les muscles des cuisses chez les grenouilles. On reconnaît au milieu d'une substance fondamentale molle et vitreuse des fibres conjonctives en faisceaux, des fibres élastiques très-fines en réseau et entre celles-ci, quelques cellules de forme très-variables, disséminées dans la masse. Les unes, irrégulières, étoilées, avec un noyau obscur et des prolongements qui s'anastomosent ; d'autres, à contours plus nets, avec un noyau vésiculeux, d'autres encore allongées, fusiformes, contenant un protoplasma trouble. Enfin, disséminés daus les mailles du tissu, on reconnaît un nombre plus ou moins considérable de globules blancs du sang ou cellules lymphatiques.

C'est à cet état que l'on peut observer le tissu conjonctif sur l'homme, et l'on n'y remarque guère que les cellules fusiformes à peu près réduites au noyau autour duquel s'est condensé le protoplasma, sous forme d'un élément allongé, au milieu d'une lacune de la substance fondamentale ; quant aux fibres élastiques et aux cellulles lymphatiques, elles sont toujours faciles à reconnaître.

Préparation. — On pratique des coupes minces transversales et longitudinales dans le tissu qu'on veut étudier soit à l'état frais, soit durcis, à l'acide chromique; et on les place dans la glycérine étendue. Les tissus frais sont plus faciles à observer après qu'on a fait bouillir la coupe dans l'eau acidulée d'acide sulfurique ou tartrique.

Quand on étudie les tendons, les ligaments, les membranes fibreuses, il faut non-seulement y pratiquer des coupes longitudinales et transversales, mais les dilacérer plus ou moins longtemps selon la consistance, ordinairement très-grande, des tissus pour en dissocier les éléments et les rendre plus facilement visibles.

On conserve ces préparations dans les liquides de Pacini, la glycérine pure ou étendue, alcoolisée ou gélatinée.

III. — Tissu osseux.

Les os constituent la charpente solide du corps, ils donnent attache aux muscles et jouent par conséquent un rôle des plus importants dans l'économie animale. Cependant, ils ne sont pas de formation primitive, et sont représentés dans l'embryon par des cartilages qui, plus tard, ne s'ossifient pas, mais disparaissent pour faire place à la formation osseuse.

Les os sont, comme on le sait, composés de matières organiques, parmi lesquelles la gélatine est la plus importante, et de matières minérales au nombre desquelles le phosphate de chaux est le plus abondant. La trame organique qui les constitue leur donne une certaine élasticité qu'ils perdent en partie avec l'âge, à mesure qu'augmente l'incrustation calcaire. Aussi les os sont-ils plus fragiles chez le vieillard que chez l'enfant et l'adulte.

On les classe d'une manière générale en os longs, comme le fémur, le tibia ; os courts, comme ceux des phalanges ; os plats, comme ceux du crâne.

Quelle que soit leur forme, les éléments histologiques qui les composent sont les mêmes, bien que la disposition de ceux-ci varie dans certaines limites. C'est dans les os longs que cette disposition est la plus nette.

Ils sont recouverts à leur surface externe par une membrane fibreuse, le *périoste*, et, les os longs au moins, percés suivant leur axe d'un *canal médullaire* occupé par la *moelle.*

Si l'on examine la coupe longitudinale d'un os long, on le voit parcouru longitudinalement par des canaux nombreux ramifiés et anastomosés qui abritent des vaisseaux sanguins, ce sont les *canaux de Havers* ou *canaux médullaires*. Ces canaux paraissent enveloppés d'une série de bandes représentant la section longitudinale d'autant de tubes emboités qui entourent chaque canal de Havers. — La substance de l'os est criblée de cavités allongées et anfractueuses communiquant entre elles par une quantité innombrable de *canalicules* excessivement fins dont les uns vont déboucher dans

le canal de Havers le plus voisin (ce qui fait paraître la surface interne de celui-ci comme criblée de points noirs, orifices des canalicules), les autres dans le canal médullaire central et ceux de la périphérie sous le périoste.

La coupe transversale est encore plus intéressante (fig. 58). Les orifices des canaux de Havers se présentent comme des trous ronds ou ovalaires (*c*), suivant que le canal est coupé perpendiculairement ou obliquement à sa direction, et chacun est entouré de 6 à 18 zones concentriques formées de lamelles osseuses. Ce sont les *lamelles spéciales*. L'os en entier est enveloppé par des lamelles semblables, les unes sous le périoste (*a*), les autres autour du canal médullaire central (*b*). Ce sont les *lamelles communes*. La lamelle la plus interne de chacun des systèmes qui entourent chaque canal de Havers forme la paroi même de ce canal. On comprend que ce sont ces lamelles concentriques dont nous avons vu les sections longitudinales accompagner la coupe de chacun de ces canaux, comme autant de bandes parallèles. L'épaisseur de ces lamelles varie de $0^{mm},004$ à $0^{mm},015$. Deux canaux voisins, enveloppés chacun de leur système de lamelles spéciales peuvent être entourés encore d'un autre système de lamelles secondaires. Entre tous ces systèmes règnent les lamelles communes intermédiaires (*d*) qui se trouvent tellement serrées dans les os longs de l'homme, qu'elles disparaissent presque entre les systèmes de lamelles spéciales.

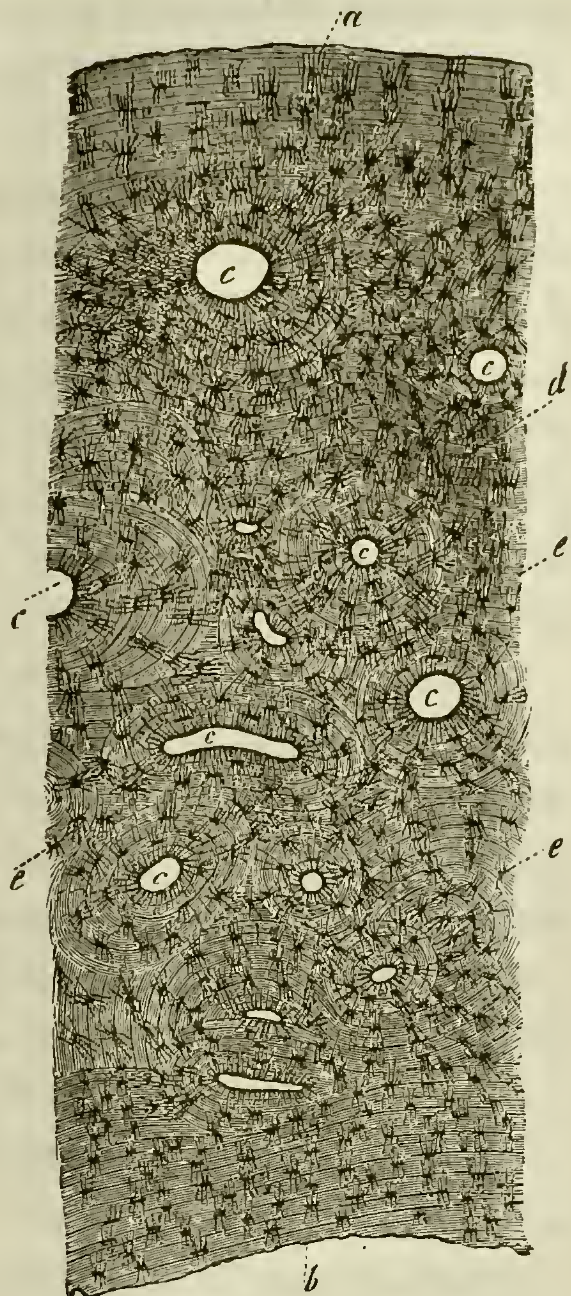


Fig. 58. — Coupe transversale d'un métacarpien de l'homme (70 diam.).

a, surface externe et lamelles communes externes ou périostiques ; *b*, surface interne et lamelles communes internes ou médullaires ; *c*, canaux de Havers avec leurs systèmes de lamelles spéciales ; *d*, lamelles communes interstitielles ; *e*, corpuscules osseux avec les canalicules.

Quelquefois, une partie des lamelles les plus internes d'un système a été résorbée, et un dépôt de lamelles plus récentes l'a remplacée ; on reconnaît ce travail à la forme du nouveau dépôt osseux dont la stratification ne concorde pas avec celle de l'ancien dépôt qui subsiste à l'entour.

Quant aux cavités osseuses (*e*) communiquant entre elles par les canalicules que nous avons décrits, on constate qu'elles sont allongées parallèlement à la surface des lamelles dans l'épaisseur desquelles elles se trouvent plongées. Leur longueur varie entre $0^{mm},018$ et $0^{mm},050$, sur une largeur de $0^{mm},006$ à $0^{mm},014$. On les trouve dans les lamelles propres comme dans les lamelles communes. Les canalicules n'ont guère que $0^{mm},001$ à $0^{mm},002$ de diamètre.

En employant certaines précautions et en observant avec attention, on reconnaît que ces cavités contiennent des cellules présentant la même forme que les cavités, et munies d'un noyau ovalaire, cellules qui envoient souvent des prolongements vers l'orifice des canalicules : ce sont les *corpuscules osseux.*

Tels sont les éléments constitutifs du tissu osseux qu'on retrouve dans tous les os, quelle que soit leur forme, sauf que leur direction et leur arrangement peuvent différer légèrement. C'est ainsi que dans les os plats, les canaux de Havers marchent parallèlement à la surface.

Ajoutons que la substance osseuse agit sur la lumière polarisée.

Préparation. — Les préparations du tissu osseux sont difficiles à faire pour les personnes qui n'ont pas l'habitude de manier la scie d'horloger avec laquelle on pratique des coupes aussi minces que possible, coupes dont il faut ensuite polir les deux faces sur une pierre à aiguiser très-fine, afin de les amener à l'épaisseur désirable ; on les prépare dans le baume de Canada. Les canalicules ne sont pas pénétrés par le baume, et restent pleins d'air, ce qui permet de les observer par transparence, parce qu'alors ils paraissent noirs.

On peut encore opérer sur des os macérés dans l'acide chlorhydrique dilué qui dissout la matière calcaire, ou sur des os frais

dont il faut éviter la dessiccation pendant l'opération ; car l'eau s'évaporant serait remplacée par de la graisse qui remplirait les canalicules, et empêcherait l'observation sous le microscope. On fait les coupes et on les polit entre deux pierres ponces taillées dans le sens de leurs fibres et imbibées d'eau. Si l'on plonge alors la coupe dans la glycérine, cette substance a la propriété de s'insinuer dans les canalicules et d'y occasionner un dégagement de gaz qui rend ceux-ci blancs à la lumière directe, et noirs à la lumière transmise. On peut ainsi les observer d'une manière très-nette.

Pour bien indiquer les canaux de Havers, on peut plonger la préparation, après l'avoir usée, dans une solution ammoniacale de carmin, la laisser sécher pour permettre à l'air de pénétrer dans les canalicules, la polir de nouveau entre les pierres ponces imbibées d'alcool et la conserver dans le baume du Canada.

Pour reconnaître la forme et la structure des cellules osseuses, il faut prendre un os frais, le faire macérer dans l'acide chlorhydrique et le tremper pendant un quart d'heure environ dans une dissolution de soude. On fait alors une coupe qu'on peut pratiquer tout simplement en enlevant à la surface de l'os, avec un instrument tranchant, de petits copeaux de matière osseuse, lesquels se rouleront d'abord en papillotes, mais s'aplatiront sous le couvre-objet, aussitôt qu'on les plongera dans l'eau ou dans la glycérine. On peut encore, après que le fragment d'os a été macéré dans l'acide chlorhydrique, le laisser séjourner pendant deux ou trois jours dans une solution d'acide chromique à 5 pour 1,000 ou dans une dissolution saturée d'acide picrique. Après quoi, on fait les coupes, on les colore dans le rouge d'aniline dissous par l'acide acétique, et on les examine dans l'eau après les avoir lavées.

Hors le cas où l'on veut étudier les cellules, les préparations de tissu osseux sont de celles qu'il est plus commode d'acquérir toutes faites plutôt que de perdre un temps considérable à les faire soi-même. On trouve d'ailleurs toutes ces coupes très-bien exécutées chez M. J. Bourgogne père, et aussi chez M. Eugène Bourgogne.

IV. — Tissu musculaire.

Les muscles sont constitués par des faisceaux de fibres dont la principale propriété est d'être douées de contractilité. En se contractant, ils se raccourcissent et exercent ainsi une traction sur les parties auxquelles ils s'insèrent, traction d'où résultent les mouvements exécutés par ces parties.

Les mouvements qu'exécutent l'homme et les animaux sont volontaires, comme ceux que nous imprimons à notre main, ou involontaires, comme ceux qui s'accomplissent dans les parois de l'intestin, dans là pupille, etc., etc. Les premiers sont exécutés par des muscles composés de fibres striées transversalement, les seconds par des fibres lisses.

Cependant, cette division n'est pas absolument exacte, car les parois musculaires du cœur, dont la contraction est indépendante de notre volonté, sont composées de fibres striées, et dans l'utérus où, à l'état de vacuité, on ne trouve guère que des fibres lisses, les fibres striées apparaissent à l'époque de l'accouchement.

Fibres musculaires lisses. — Ces fibres se présentent comme de longues cellules fusiformes rubanées, terminées en pointe à leurs deux extrémités. Ces *fibres-cellules* peuvent être très-longues, et l'on ne constate leur nature de cellules qu'à la présence d'un noyau allongé en bâtonnet, au milieu de leur longueur. Les dimensions de ces éléments chez l'homme varient de $0^{mm},025$ de long pour les plus courts, à $0^{mm},225$ et même plus, pour les plus longs, sur $0^{mm},006$ à $0^{mm},013$ de large (fig. 59).

Les fibres musculaires lisses sont ordinairement réunies en faisceaux, et forment des muscles de peu de volume. En faisant des coupes transversales de ces faisceaux, on constate que les fibres-cellules ne sont pas aplaties mais de section arrondie. Les noyaux paraissent en grand nombre sur la coupe.

La substance de la fibre-cellule agit sur la lumière polarisée et dévie le plan de polarisation vers la droite.

On peut observer les fibres lisses à l'état vivant sur les petits

animaux, les Mollusques, les Annélides, les Batraciens. On enlève sur les parois de l'estomac ou de l'intestin, avec des ciseaux courbes, de petits lambeaux de faisceaux musculaires qu'on délaie et dissocie sur le porte-objet dans du sérum. Les fibres cellules y conservent pendant quelque temps la propriété de se contracter.

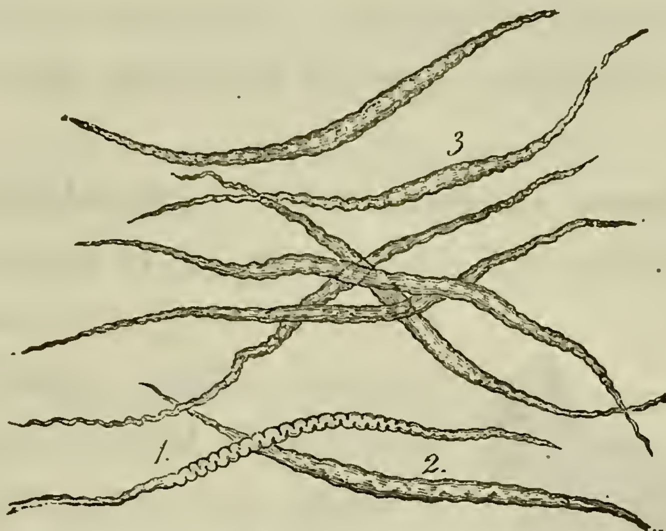


Fig. 59. — Fibres musculaires lisses de la muqueuse œsophagienne du cochon, après traitement par l'acide nitrique au cinquième. (Grossissement 150 diam.)

On les voit alors se renfler en certaines parties sur lesquelles apparaissent des plis transversaux; dans d'autres cas, elles se déplissent sans se renfler, ou bien se rétractent en devenant onduleuses, de rectilignes qu'elles étaient (fig. 59, 1, 2, 3).

On trouve les fibres lisses dans tout le canal digestif, depuis la partie inférieure de l'œsophage, dans la muqueuse des bronches, dans la paroi des vaisseaux, dans la peau, dans les uretères, la vessie, la tunique vaginale, l'épididyme et surtout dans le dartos, dans les ligaments larges, dans l'utérus, etc.

Préparation. — On opère ordinairement sur des tissus frais, et on facilite la dissociation des fibres en les laissant macérer pendant quelques jours dans un mélange, à parties égales, d'acide chlorhydrique et d'acide nitrique, avec 6 parties d'eau, ou dans l'alcool étendu avec de l'eau et un peu d'acide nitrique. Ce dernier augmente la teinte jaunâtre des fibres.

On étudie les préparations dans l'eau ou dans le sérum, mais il faut le plus souvent faire agir l'acide nitrique pour faire disparaître les fibres conjonctives. On peut aussi faire bouillir la préparation avec de l'eau pure ou acidulée.

Les tissus peuvent aussi être durcis préalablement avec l'alcool,

la solution de Müller ou le bichromate de potasse, et gonflés ensuite dans l'eau glycérinée, ou par la coction dans l'eau acidulée. Les coupes transversales sur les tissus durcis montrent très-bien la forme des fibres cellules, des faisceaux et des noyaux. On les conserve dans le baume du Canada.

Toutes ces préparations peuvent, d'ailleurs, se faire dans le mélange nitro-chlorhydrique, dans la glycérine, ou dans la solution glycérinée.

Fibres musculaires striées. Les fibres musculaires striées appartiennent aux muscles volontaires ou de la vie animale, excepté celles du cœur qui sont d'une nature spéciale. Elles constituent tous les muscles du tronc et des membres, et forment, par conséquent, un des éléments les plus importants du corps.

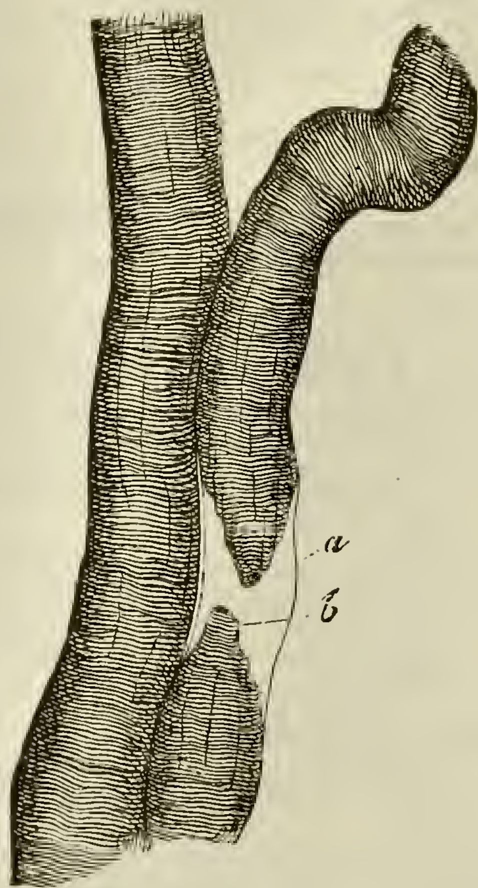


Fig. 60. — Fibres musculaires striées de l'homme. (Grossiss. 350 diam.)

Cet élément se présente sous forme d'un long filament cylindrique, quelquefois aplati, d'une couleur jaunâtre plus marquée que celle de la fibre lisse, d'une largeur $0^{mm},012$ à $0^{mm},040$, d'une longueur indéterminée, ne se ramifiant pas (1), et immédiatement remarquable par les stries transversales qu'il présente, ainsi que par des stries longitudinales moins marquées.

Quand on prend la fibre striée à l'état vivant et qu'on la fait macérer dans l'eau, on reconnaît qu'elle est enveloppée par une membrane très-transparente, très-fine, très-élastique, sous laquelle l'eau pénètre et qu'on appelle *sarcolemme* ou *myolemme* (en *ab*, fig. 60) ; sous un grossissement suffisant, on constate aussi, sous le sarcolemme, la présence de noyaux qui se révèlent comme des vésicules contenant un ou deux nucléoles, et logées dans une lacune fusiforme, une fente dans l'élément mus-

(1) Les fibres musculaires du cœur, qui sont striées, se ramifient et s'anastomosent. Elles manquent de sarcolemme (?).

culaire, fente dont les extrémités sont remplies par un reste de protoplasma : ce sont les *corpuscules musculaires*.

Les fibres striées sont très-longues et se terminent en pointe aiguë, mais leur caractère le plus intéressant à examiner consiste dans leurs stries, tant transversales que longitudinales. Les stries transversales sont très-nettement dessinées, surtout sur les muscles frais, et sont distantes de $0^{mm},001$ à $0^{mm},002$. D'autres lignes longitudinales moins accusées, mais cependant bien visibles, surtout en certains points de la strie, sembleraient faire supposer que cette fibre est elle-même composée de fibrilles plus ténues.

En effet, aux extrémités des éléments rompus, on remarque souvent qu'ils se divisent en filaments très-minces, et on peut les dissocier plus ou moins facilement en fibrilles longitudinales, après les avoir fait bouillir dans l'eau ou macérer dans l'alcool, le bichlorure de mercure, l'acide chromique et surtout le bichromate de potasse.

D'autre part, si l'on traite les fibres striées par l'acide chlorhydrique étendu, le suc gastrique, le chlorure de calcium, le carbonate de potasse, on remarque qu'elles ont une certaine tendance à se diviser, dans le sens des stries transversales, en une série de disques superposés, et quelquefois on les voit se résoudre complétement et s'effeuiller en piles d'éléments discoïdes.

On peut donc supposer aussi que la fibre est composée de disques superposés, reliés ensemble par une matière unissante soluble dans l'acide chlorhydrique, et que l'aspect strié transversalement résulte de cette superposition alternative de disques musculaires et de disques de matière agglutinante.

La division en fibrilles longitudinales s'expliquerait encore, ainsi que l'a fait Bowmann, en supposant que chacun des disques est formé d'une couche de corpuscules réunis par de la matière agglutinative, mais que chaque corpuscule peut aussi être considéré comme formant, avec ceux qui lui correspondent dans le disque supérieur et dans le disque inférieur, un filament longitudinal. Cette constitution de la fibre par une infinité d'élements, que Bowmann a désignés sous le nom de *sarcous elements*, disposés par tranches

successives et par files longitudinales régulières, explique la division de la fibre dans ces deux sens.

En employant de puissants objectifs à immersion, avec un condensateur pour la lumière, on est arrivé à reconnaître ces sarcous éléments de Bowmann, surtout chez les Batraciens. Ils se présentent sous forme de cylindres ou de prismes hexagonaux, plus hauts que larges, accolés les uns aux autres dans le sens transversal de la fibre par une très-petite quantité de matière intermédiaire, et par une quantité beaucoup plus grande dans le sens longitudinal. Ces éléments ont $0^{mm},0011$ chez l'homme, $0^{mm},0015$ chez le protée. Hœckel les a trouvés considérables chez l'écrevisse fluviatile. On les a reconnus chez les insectes (Schön, Amici, Martyn, Kölliker, Frey, Rouget, Ranvier) (fig. 61).



Fig. 61. — Faisceau de cinq fibres musculaires striées de la *Cicindela campestris* montrant les sarcous éléments disposés en files longitudinales (fibres ou fibrilles élémentaires) et en lignes transversales. (Grossissement 1300 diam.; objectif 125 de pouce, Zeiss, ocul. 3, condensateur Abbé.)



Fig. 42. — Constitution de la fibre élémentaire (Schéma).

C'est sur les insectes, particulièrement, qu'on a pu constater que la zone transparente de matière unissante qui sépare chaque couche d'éléments porte elle-même une strie transversale, obscure à son milieu, indiquée pour la première fois par Amici. Aussi sommes-nous tenté de regarder la fibrille striée élémentaire, c'est-à-dire composée d'un seul élément sur sa section, comme une série de cellules quasi cylindriques, réunies bout à bout; l'élément y formerait comme un noyau volumineux, la zone transparente, un peu excavée, serait formée par la partie de ces cellules dans laquelle

ne s'étend pas le noyau, et la strie obscure, au milieu de chaque zone, résulterait de la soudure de deux cellules (fig. 62) (1).

Quoi qu'il en soit, les fibres striées se réunissent en faisceaux plus ou moins épais qu'enveloppe une mince lamé de tissu conjonctif appelé *périmysium;* les faisceaux ainsi constitués s'unissent entre eux pour former le muscle qu'entoure une gaîne plus épaisse de périmysium. C'est entre ces faisceaux que circulent les nerfs et les vaisseaux qui nourrissent le muscle.

Préparation. — On dilacère les fragments de muscles dans l'eau, le sérum ou dans le picrocarminate d'ammoniaque. Il faut choisir des sujets maigres et des muscles de peu de fatigue, tels que le psoas et le diaphragme, pour étudier, sous les forts grossissements, les stries transversales. Les muscles des membres montrent mieux les lignes longitudinales.

Pour étudier le myolemme et les noyaux, on traitera la préparation par l'acide acétique qui dissout presque la fibrille et laisse intact le myolemme.

Nous avons indiqué à l'aide de quels réactifs spéciaux on peut déterminer la dissociation en fibrilles longitudinales ou en disques transversaux. Il faut employer pour cette étude des grossissements de 500 à 800 diamètres (Obj. 7 ou 8 à imm. Nachet ; 9 à 10 Hartnack et Pr. ; 8 à 10 Vérick ; 1/10e à 1/20e Beck ; F, n° 2 et 3, Zeiss), si l'on veut étudier les sarcous elements. Avec les moins forts de ces objectifs, on distingue très-bien de fines stries sur la tranche de chaque disque transversal, lesquels stries indiquent la largeur des éléments et se continuent sur les tranches successives, produisant la sensation des lignes longitudinales et marquant la largeur des fibrilles.

On peut très-bien observer les fibres striées sur la viande cuite, et particulièrement sur la viande bouillie. Rappelons que les réactifs qui déterminent le mieux l'apparition de tel système de stries masquent souvent l'autre système ; ainsi l'acide acétique montre

(1) C'est là une hypothèse que nous proposons et qui, d'ailleurs, ressemble beaucoup à celle de Krause, qui considère la fibrille comme un tube cloisonné. Notre hypothèse explique mieux la facile séparation de la fibre en couches transversales, séparation qui résulterait du décollement des cellules superposées ; ces cellules seraient contractiles, comme beaucoup d'autres, ce qui expliquerait la contractilité de la fibre (J. P.).

bien les lignes longitudinales sur la fibre fraîche, mais masque les stries transversales.

Les études sur les insectes, qui sont très-instructives, sont faciles à faire, et c'est particulièrement les muscles du thorax, lesquels sont jaunes, disposés en couche épaisse, qui se prêtent le mieux à l'observation. Ils se résolvent en fibrilles très-minces qui paraissent formées d'un tube transparent rempli de disques superposés, disques obcurs, séparés par un espace transparent traversé lui-même par une ligne sombre. Ce sont des fibrilles élémentaires, n'ayant qu'un seul sarcous element dans leur largeur (fig. 61).

En opérant délicatement, on peut reconnaître cette disposition dans la mouche domestique, la mouche à viande (*Musca vomitoria*); mais on l'observe plus facilement sur des insectes plus gros : le hanneton, les carabes dorés, procrustes coriaces, calosomes, hydrophiles, dytiques, libellules, etc.

V. — Tissu nerveux.

L'étude du système nerveux est une des plus délicates de la science histologique; elle est encore aujourd'hui l'objet de recherches et de discussions qui sont loin d'être épuisées. On comprend donc que nous ne pouvons entrer ici dans de bien longs détails sur cet immense chapitre, aussi devrons-nous nous borner à l'indication des principaux éléments qu'on rencontre dans le tissu des nerfs et des centres nerveux, par un premier examen, sans aborder les questions tant controversées encore de leur structure intime, de leurs fonctions, de leur mode de terminaison et autres points d'anatomie et de physiologie beaucoup trop spéciaux pour trouver place dans cet aperçu rapide des applications du microscope à l'examen des tissus animaux. Nous renverrons pour tous ces détails aux traités d'histologie que nous avons déjà cités.

Le tissu nerveux se compose spécialement de *fibres nerveuses* ou *tubes nerveux* et de *cellules nerveuses* ou *cellules ganglionnaires*, en-

veloppées d'une manière plus ou moins compliquée dans une trame de tissu conjonctif.

Les *tubes nerveux* se présentent sous deux aspects : les uns ont les bords de nuance foncée, les autres sont pâles ; les uns sont larges, les autres minces.

Les tubes nerveux à bords foncés, ordinairement les plus larges, sont les plus complets comme composition. Ils sont constitués par une membrane enveloppante, excessivement mince, formée de tissu conjonctif, le *névrilème*, et par un tube central qui paraît plein, le *cylindre-axe*. Entre la paroi interne du névrilème et le cylindre-axe est répandue une matière spéciale, demi-liquide, la *substance médullaire* ou *myéline*.

Les tubes nerveux les plus larges ont $0^{mm},012$ à $0^{mm},22$ de largeur et les tubes minces de $0^{mm},0015$ à $0^{mm},0019$. Ils ne sont pas ramifiés, excepté à leur point d'origine et à leur terminaison, mais ils se réunissent en faisceaux pour former des troncs nerveux dont ils se séparent en différents points du parcours du tronc, pour former des filets de plus en plus fins qui peuvent s'anastomoser entre eux ou avec des filets détachés d'un autre tronc.

Le névrilème manque quelquefois, par exemple aux points d'émergence des nerfs crâniens, dans les épanouissements périphériques du nerf. Enfin, les fibres nerveuses du cerveau et de la moelle épinière en sont dépourvues.

L'étude du tissu nerveux est très-difficile à faire sur des organes frais en raison de leur très-rapide altérabilité. Au bout de très-peu de temps, les matières intérieures sont liquéfiées; aussi est-on presque toujours obligé de recourir au durcissement par l'acide chromique, ainsi que nous l'expliquerons plus loin.

Néanmoins, en isolant rapidement un tube nerveux on peut reconnaître la présence du névrilème qui se présente sous forme d'un double contour, l'externe foncé et l'autre plus pâle. Cette membrane, fine et homogène, est souvent munie de noyaux, comme dans les plexus périphériques, chez l'homme, et dans les nerfs des vertébrés inférieurs. La matière intérieure se transforme d'une manière plus ou moins rapide en une substance granuleuse, produit de décomposition.

Le cylindre-axe ne peut guère être étudié que sur des préparations durcies, et surtout durcies, puis colorées au carmin ou mieux à l'aniline qui ne colore que le cylindre-axe. Cependant, les hasards de la dissection le montrent quelquefois sortant par un des bouts du tube nerveux rompu ; il apparaît alors comme la mèche au bout d'une bougie. C'est un filament pâle d'un diamètre égal au tiers ou au quart de celui du tube. Pflüger a recommandé de plonger la préparation dans le collodion qui fournit, d'après cet auteur, le meilleur moyen d'étudier la fibre nerveuse. Remak a établi que le cylindre-axe se compose d'un nombre plus ou moins considérable de *fibrilles-axes*.

Des coupes transversales sur des organes durcis à l'acide chromique montrent le cylindre-axe sous forme d'un prisme irrégulier, entouré par la substance médullaire qui paraît formée par des couches concentriques.

Cette substance médullaire, demi-liquide sur les organes frais, se déplace par la pression, se rassemble en masses espacées sur la longueur du tube et y forme des *varicosités*.

Les tubes nerveux pâles ne contiennent pas de substance médullaire. C'est sous cette forme que se présentent les nerfs dans les embryons des mammifères et même chez des vertébrés inférieurs.

Les *tubes nerveux minces* sont accompagnés, sur les ramifications du grand sympathique, par des fibres, souvent en beaucoup plus grande quantité que les tubes eux-mêmes, d'aspect rubané, de $0^{mm},0027$ à $0^{mm},0068$, marquées de distance en distance par des noyaux ovalaires. Ce sont les *fibres de Remak*. Il paraît probable que ces éléments sont des fibres nerveuses en voie de développement.

Ajoutons, pour faciliter l'étude des tubes larges et des tubes minces, que les premiers se trouvent surtout, groupés en faisceaux, dans les racines antérieures, ou motrices, des nerfs spinaux, les seconds dans les racines postérieures ou sensitives.

Les *cellules ganglionnaires* ou *nerveuses* sont des éléments supérieurs au point de vue physiologique : elles élaborent, si l'on peut s'exprimer ainsi, la volonté et la pensée que les tubes ne font que transmettre. On les trouve dans la substance grise des centres nerveux et elles manquent dans la substance blanche et dans les nerfs.

Ces cellules ont des formes diverses; les unes sont dénuées de prolongements, *cellules apolaires*, les autres sont munies d'un, deux ou plusieurs prolongements plus ou moins longs, cellules *uni*, *bi*, *multipolaires*. Elles sont beaucoup plus faciles à étudier sur les vertébrés inférieurs, par exemple sur les poissons, que sur les mammifères. Elles n'ont guère, chez ces animaux, plus de deux ou trois prolongements.

Ces éléments sont sphériques, ovalaires, pyriformes ou réniformes et contiennent un noyau vésiculeux, nucléolé lui-même. L'acide acétique fait rapidement disparaître ce noyau. Le contenu de la cellule est granuleux, quelquefois pigmenté et graisseux. Les cellules nerveuses paraissent manquer d'une membrane propre mais sont, en général, enveloppées par une capsule d'un tissu conjonctif chargé de noyaux. C'est de ce tissu que naissent les fibres de Remak.

Les prolongements qui émanent de ces cellules, au nombre de 1 à 20 et même plus, réunissent souvent plusieurs cellules les unes aux autres et portent alors le nom de *commissures*. Ils sont enveloppés par une expansion de la capsule qui entoure les cellules dont ils émanent. Les uns se ramifient en fibrilles très-ténues, les autres se transforment bientôt en tubes nerveux ou, pour mieux dire, en cylindres-axes qui se recouvrent de substance médullaire pour former les tubes nerveux.

Telle est donc l'origine des fibres nerveuses. Quant à leur terminaison aux organes qu'elles animent, elle se fait de différentes manières qui sont loin d'être élucidées encore. Tantôt elles viennent s'étaler, en une expansion chargée de noyaux et recouverte par la gaîne du tube, sur le sarcolemme des fibres musculaires striées. Ce sont les *plaques terminales* qui forment la terminaison des nerfs moteurs; mais le cylindre-axe pénétre-t-il à travers le sarcolemme dans l'élément musculaire? C'est ce qui n'est pas encore établi d'une manière certaine. Les nerfs sensitifs se terminent par des corpuscules dits *corpuscules du tact*, petites masses pelotonnées qu'on trouve surtout dans les papilles du derme à la pulpe des doigts; *corpuscules en massue*, de Krause, dans les muqueuses de la langue, du palais, de la conjonctive, dans le gland, le clitoris; et *corpuscules de Pacini*, organes ovalaires formés par l'extrémité du tube

nerveux recouverte de capsules concentriques, et qu'on trouve dans la peau de la paume des mains, de la plante des pieds et dans d'autres parties du corps. On peut les observer facilement sur le mésentère du chat.

Préparation. — En écrasant doucement entre deux lames de verre, un peu de substance grise du cerveau ou de la moelle épinière très-fraîche, on peut arriver à reconnaître les cellules nerveuses. En opérant de même sur les nerfs ou sur la substance blanche on peut distinguer les tubes nerveux et en dilacérant avec précaution les nerfs sur le porte-objet, on peut isoler les tubes, et même en faire sortir par la pression les cylindres-axes aux extrémités sectionnées (1).

Mais pour une étude plus approfondie des diverses espèces de tubes et de leur structure ainsi que des cellules, il faut opérer sur des organes durcis ; l'un des meilleurs procédés consiste à employer l'acide chromique.

Pour le tissu nerveux central, on coupe l'organe, aussi frais que possible, en petits morceaux, et on le laisse deux jours dans une solution de

Acide chromique cristallisé.................	2
Eau......................................	1000

On remplace le liquide, au bout de ce temps, par une solution chromique à 3 p. 1000 et on laisse la macération se continuer pendant deux ou trois semaines.

On lave les fragments et on pratique des coupes, soit avec un rasoir plat mouillé d'alcool, soit avec les machines spéciales, de manière que les coupes flottent dans l'alcool laissé sur la lame.

On place les tranches dans l'alcool rectifié d'où on les tire au fur et à mesure pour les colorer dans la solution ammoniacale de carmin (2).

(1) On peut rendre la dilacération des organes frais plus facile en la pratiquant dans une eau contenant 1 p. d'acide chromique pour 3000 p. d'eau, et en ajoutant une ou deux gouttes de bichromate de potasse pour rendre mieux visibles les parois des cellules.

(2) Pour que la coloration *prenne* bien il est utile de plonger la coupe sortant de l'alcool rectifié dans l'alcool ordinaire, puis dans l'eau, avant de la mettre dans la solution carminée qui est aqueuse. Après la coloration, on la remet dans l'eau, puis dans l'alcool ordinaire, avant de la mettre en dépôt dans l'alcool rectifié.

Les coupes colorées sont lavées dans l'alcool rectifié où on les conserve. On peut alors les examiner dans la glycérine. Si on les traite par l'acide acétique, la coloration se fixe dans les cellules et dans les cylindres-axes.

Si l'on veut conserver les préparations, on peut le faire dans la glycérine ou mieux dans le baume du Canada. Pour cela, on sèche les coupes sur une lame de verre, puis on passe, avec un pinceau doux, une goutte d'essence de térébenthine rectifiée *sous* la préparation pour la rendre transparente ; on laisse l'imbibition se produire et, au besoin, on ajoute un peu d'essence. Enfin, on dépose une goutte de baume dissous dans le chloroforme, on place le couvre-objet et on met la préparation sous presse.

Les nerfs se préparent de même que les fragments de cerveau, de cervelet ou de ganglions nerveux. Mais pour les petits ganglions des vertébrés ou des invertébrés on peut employer la méthode de M. Polaillon avec :

Acide chromique	1
Eau	100

On renouvelle la solution tous les jours jusqu'à ce que l'eau contienne 4 ou 5 p. d'acide. Les coupes des petits ganglions peuvent se faire au bout de deux ou trois jours, de vingt ou trente jours pour les plus gros.

On peut encore employer la solution suivante :

Bichromate de potasse	10
Sulfate de soude	2
Eau distillée	380

Ou encore l'alcool dans lequel on laisse les organes de deux à trois jours.

M. Vulpian emploie une solution de perchlorure de fer au 20e ou 30e, dans laquelle on laisse séjourner les fragments un mois ou six semaines, on concentre alors la solution jusqu'au 12e avec un perchlorure de fer à 45° Baumé. On peut ensuite les colorer par le procédé de M. Polaillon, qui est très-commode. Après avoir laissé les organes pendant un jour ou deux dans l'eau distillée que l'on renouvelle souvent, on fait les coupes et on les place dans une petite capsule pleine d'eau contenant une goutte d'acide gallique qui

colore en noir les éléments nerveux et les sépare nettement de la trame conjonctive.

L'action du nitrate d'argent sur les cellules et les cylindres-axes, sur lesquelles elle fait apparaître un aspect strié, est utile à étudier. Pour cela on place les organes très-frais, et pour ainsi dire, vivants dans une solution de nitrate d'argent contenant :

Nitrate d'argent cristallisé	1
Eau distillée	400

On les porte alors à l'obscurité, puis on les expose à la lumière intense. Cette préparation a l'avantage de faire apparaître les noyaux en blanc d'une manière remarquable (Robin).

Quant aux grossissements à employer pour l'étude du système nerveux, il faut les porter jusqu'à 500 diamètres (Obj. 5 N). Mais si l'on veut observer les terminaisons nerveuses, il faut user d'un grossissement de 800 diamètres avec un oculaire faible (obj. 8 immersion Nachet ; 10 H. et Pr. ; 8 Vér. ; 1/10 à 1/20 de p. Beck ; F, 2, 3 imm., Zeiss.).

CHAPITRE V

LES GLANDES.

Les glandes sont des organes composés dont la fonction ordinaire est de sécréter un produit le plus souvent liquide, destiné à remplir un usage spécial dans l'économie, comme la salive, la bile, ou bien à être éliminé, comme l'urine, la sueur.

D'une manière générale, les glandes se composent d'une *membrane propre* en forme de sac, de *cellules glandulaires* remplissant plus ou moins le sac formé par la membrane, et d'un *réseau vasculaire* qui apporte à la glande les matériaux nutritifs et les éléments de la sécrétion qu'elle doit produire.

Membrane propre. — La membrane enveloppante des glandes, souvent trop mince pour qu'on puisse la mesurer, peut avoir jusqu'à $0^{mm},0023$ d'épaisseur, mais elle est souvent doublée et enveloppée

par une couche extérieure de tissu conjonctif dans laquelle est parfois comprise une couche de fibres musculaires lisses (glandes de l'aisselle).

La glande peut être constituée par une membrane allongée en tube fermé par un bout, ouvert par l'autre, contenant, dans une partie ou dans la totalité de sa cavité, les cellules glandulaires. Elle porte alors le nom de *follicule.* Elle peut d'ailleurs être constituée tout entière par un *follicule simple.* Mais souvent aussi les follicules s'associent. Les tubes se divisent et se réunissent entre eux et peuvent former un réseau.

Quelquefois les tubes sont très-longs et forment de véritables canaux ; d'autres fois le tube se roule et se pelotonne en circonvolutions formant un glomérule plus ou moins volumineux.

Les culs-de-sac glandulaires, au lieu d'avoir la forme allongée et de constituer des glandes en tubes, ont souvent l'aspect d'une vésicule plus ou moins arrondie qui peut être unique ou bien se réunir à d'autres vésicules semblables pour former des *glandes en grappes.* Chaque vésicule a reçu le nom d'*acinus.*

D'ailleurs, entre les glandes en tube et les glandes en grappe, on trouve toutes les formes intermédiaires.

D'autres glandes, enfin, ont une composition d'un aspect tout à fait différent. Les cellules glandulaires sont renfermées dans des capsules de tissu conjonctif arrondies et closes de toutes parts. Le produit de la sécrétion transsude à travers la paroi des capsules, ou bien celle-ci se rompt, ainsi que cela s'observe dans l'ovaire.

La membrane propre des glandes n'existe pas toujours, mais les cellules glandulaires sont des éléments essentiels ainsi que le réseau vasculaire.

Cellules glandulaires. — Les cellules qui remplissent, en partie ou en totalité, les tubes ou les acini des glandes, paraissent être des cellules épithéliales. Tantôt elles recouvrent la face interne de ces éléments, tantôt elles sont accumulées dans leur intérieur en masses stratifiées.

Dans les glandes où les tubes se continuent en un canal excréteur, les cellules glandulaires se transforment peu à peu en cellules épithéliales véritables qui tapissent le conduit excréteur.

On les trouve, d'ailleurs, sous toutes les formes que nous avons signalées en étudiant les épithéliums, excepté sous celle d'écailles aplaties. Elles sont, en effet, presque toujours plus volumineuses. On n'en trouve pas davantage, du moins chez l'homme, qui soient munies de cils vibratiles.

Elles sont, en général, arrondies, de diamètre variable et, considérées de face, elles revêtent l'aspect d'un épithélium pavimenteux, telles sont celles du foie, de l'ovaire, des follicules à suc gastrique, des glandes sébacées de la peau, etc., etc. Leur diamètre varie de $0^{mm},006$ à $0^{mm},029$. Elles renferment un noyau d'aspect vésiculeux ou homogène, mesurant de $0^{mm},004$ à $0^{mm},009$. Dans d'autres glandes, les cellules revêtent la forme cylindrique.

Les tubes qui contiennent les cellules glandulaires peuvent s'allonger et former un conduit excréteur, qui d'ailleurs peut manquer, et les divers conduits excréteurs des follicules associés pour former une glande peuvent se réunir les uns aux autres, constituer des conduits communs et, souvent même, finir par un canal unique. Il en est de même des glandes en grappe dont les acini s'étendent en conduits qui peuvent se réunir finalement en un ou plusieurs canaux.

Les parois de ces conduits terminaux ne présentent plus la composition de la membrane propre ; elles sont formées de couches de tissu conjonctif plus ou moins épaisses et nombreuses suivant la glande à laquelle ces conduits appartiennent. Entre les couches de tissu conjonctif, on trouve souvent une ou même plusieurs couches de fibres musculaires dont la plus externe et la plus interne sont longitudinales, et la moyenne transversale. Quant à la couche interne de tissu conjonctif, elle est recouverte d'un épithélium cylindrique.

Les glandes en tube sont nombreuses dans le corps de l'homme et des mammifères. On en trouve dans l'estomac, dans l'intestin grêle (glandes de Lieberkükn), dans le gros intestin, etc., etc. Quelques-unes sont assez simples. Les culs-de-sac glandulaires peuvent se subdiviser. Certaines de ces glandes peuvent être glomérulées, comme les glandes sudoripares. Mais quelques-unes, munies de conduits excréteurs très-longs, ramifiés en réseau, sont

beaucoup plus compliquées dans leur structure. Tels sont le rein et le testicule.

Les glandes en grappe sont nombreuses aussi. Telles sont les glandes des muqueuses, par exemple celles de la muqueuse buccale (fig. 63), les glandes sébacées, les glandes de Brünner, dans l'intestin grêle ; celles de Meibomius dans les paupières, de Cowper, etc.

Leurs acini sont tapissés à l'intérieur par une couche de cellules serrées, plus larges à leur point d'attache sur la membrane propre qu'à leur partie libre, et cela en raison même de la forme arrondie de l'acinus ; ces cellules limitent ainsi au centre de l'organe une cavité dans laquelle se rassemble le produit de la sécrétion des cellules, avant de s'écouler par le canal excréteur qui se réunit aux conduits des autres acini pour former un conduit commun. La membrane qui sert de base à ces cellules est marquée de noyaux plats.

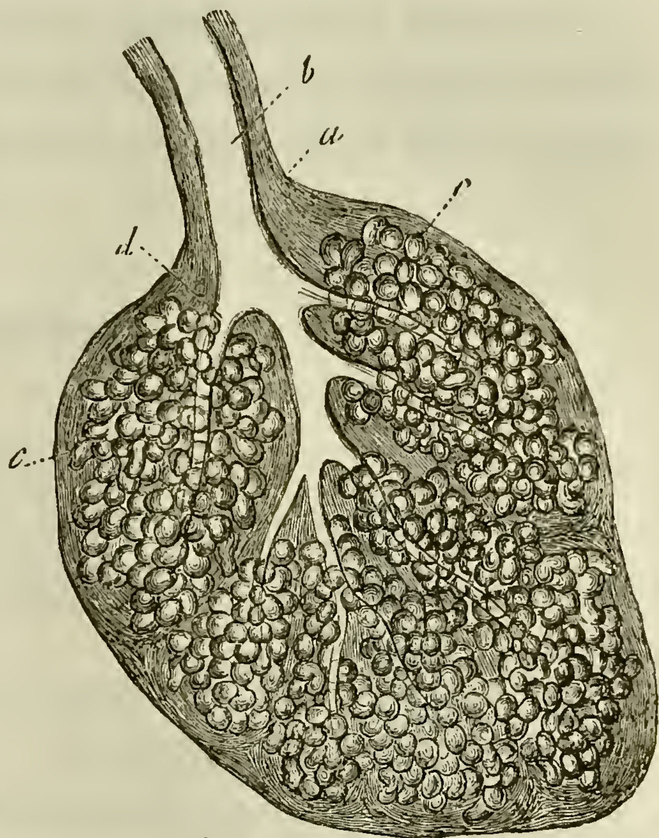


Fig. 63. — Glande en grappe de la muqueuse buccale.

a, enveloppe conjonctive et membrane propre ; *b*, conduit excréteur ; *c*, cellules glandulaires ; *d*, conduits des lobules. (Grossissement, 50 diam.)

Les conduits sont tapissés d'un épithélium cylindrique dont les cellules paraissent striées longitudinalement et sont recouvertes comme d'un plateau. Elles sont probablement contractiles et leurs contractions déterminent l'expulsion des produits sécrétés. Des canalicules plus fins règnent d'ailleurs entre les cellules et aboutissent à la cavité centrale du lobule.

Préparation. — Pour bien étudier les conduits excréteurs, il est utile d'injecter le tissu des glandes avec des liquides colorés, cependant avec une dissection et une dissociation attentives, on peut réussir à isoler les culs-de-sac glandulaires, et l'on peut rendre la préparation transparente par la glycérine ou l'acide acétique qui mettra en évidence les fibres de la trame élastique et les fibres-cellules.

dessus de $0^{mm},025$ de diamètre, ils présentent ordinairement cette composition.

Dans les troncs veineux la tunique moyenne musculeuse est très-réduite ou manque complétement. La tunique interne est plissée longitudinalement.

Dans les troncs artériels la tunique musculeuse est forte et souvent composée de plusieurs couches stratifiées de fibres-cellules.

D'ailleurs, à mesure que les troncs veineux ou artériels sont plus gros, la couche interne devient plus épaisse et se compose de couches stratifiées de tissu conjonctif de forme irrégulière, à direction générale longitudinale; la tunique moyenne, surtout, s'épaissit de plans superposés de fibres musculaires lisses prises dans une trame de fibres conjonctives et de fibres élastiques.

Enfin, la tunique externe est constituée de même par du tissu conjonctif mêlé de fibres élastiques.

Dans les grosses artères, la tunique interne est de plus en plus épaissie par l'augmentation des couches conjonctives, séparées par des réseaux de fibres élastiques, qui prennent de plus en plus la forme de membranes aréolées, *fenêtrées*. Le réseau élastique qui sépare les couches musculeuses de la tunique moyenne prend, de plus en plus aussi, l'aspect de membranes fenêtrées, à direction transversale; le nombre des couches de cette tunique, la plus épaisse dans les artères, peut dépasser cinquante. Enfin la tunique externe s'entremêle d'un réseau fibrillaire élastique, dont les mailles sont plus serrées au voisinage de la tunique moyenne.

Dans les grosses veines, toujours plus petites que l'artère correspondante, par suite du peu de développement de la tunique moyenne, c'est la tunique externe qui prend le plus d'épaisseur; elle peut renfermer quelques fibres musculaires lisses longitudinales.

Les *valvules* que forme la membrane interne dans la lumière du vaisseau sont tapissées par l'épithélium.

Les artères et les veines diminuent de diamètre à mesure qu'elles se divisent; les capillaires conservent leur calibre en se ramifiant. Leur parcours est d'ailleurs assez court; ils forment des réseaux très-fins, très-serrés, qui prennent la forme générale et le contour

des organes auxquels ils se distribuent. Ils sont plus ou moins abondants, suivant les régions.

Préparation. — On peut examiner les vaisseaux à l'état frais, en les retirant avec des pinces des organes mous, comme le cerveau, et les débarrassant avec une aiguille, dans une goutte d'eau, sous le microscope simple ou la loupe, de la matière nerveuse qui les entoure. On les étudie dans la glycérine et l'acide acétique. L'imprégnation par le nitrate d'argent est très-commode pour faire apparaître les cellules de l'épithélium, dont elle marque admirablement les contours.

L'un des meilleurs moyens d'étudier la structure des vaisseaux consiste à les faire sécher en introduisant dans la lumière un morceau de moelle de sureau, et de faire des sections minces intéressant à la fois l'organe et son contenu. On rend la transparence aux coupes en les traitant par l'eau glycérinée, puis on les colore avec la solution ammoniacale de carmin, et on les soumet à l'action de l'acide acétique.

Quant à la distribution des capillaires, la meilleure manière de l'étudier consiste à les examiner après les avoir injectés avec une substance colorée.

II. — Vaisseaux lymphatiques.

Les vaisseaux lymphatiques, dans lesquels circule, non plus le sang, mais la lymphe, ont leur origine dans le tissu conjonctif qui sépare les organes. Ils ont d'ailleurs une structure analogue à celle des veines. Dans les plus fins vaisseaux où l'on puisse constater la présence d'une membrane, on reconnaît que cette membrane est celluleuse, garnie de noyaux, analogue à celle qui tapisse la tunique interne des veines. Cette membrane revêt aussi les valvules nombreuses que présentent les vaisseaux lymphatiques.

Cette tunique est souvent doublée par une *membrane adventice* très-cohérente, formée par le tissu conjonctif environnant.

Les vaisseaux plus gros se détachent mieux du tissu conjonctif ambiant. Dans le canal thoracique, on trouve au-dessous de l'épi-

thélium plusieurs couches striées de tissu élastique en réseau, puis une couche musculaire lisse transversale, et enfin la membrane externe de tissu conjonctif.

Le diamètre de ces vaisseaux est très-variable, mais ils conservent pendant un très-faible parcours la même grosseur ; ils se renflent et se retrécissent brusquement, ce qui leur donne un aspect noueux ou variqueux tout à fait caractéristique. Ils sont ordinairement plus gros que les veines correspondantes. Leur distribution dans l'épaisseur des tissus est très-variable ; ils marchent souvent parallèlement aux vaisseaux sanguins (nous avons dit, même, que certains vaisseaux sanguins sont enveloppés par une gaîne lymphatique). Ils forment des réseaux ou des plexus plus ou moins riches, suivant les régions, et ne manquent que dans les parties où manquent aussi les vaisseaux sanguins.

Préparation. — Ces organes sont très-difficiles à étudier à cause de la résistance que leurs valvules opposent aux injections, et du peu de coloration que présente leur contenu à l'état normal. Cependant, on peut examiner les chylifères pendant la digestion, c'est-à-dire au moment où la lymphe qu'ils charrient est remplie de granulations graisseuses et autres, provenant des matières alimentaires digérées. On peut alors les reconnaître dans les villosités intestinales. Le canal thoracique, en raison de son volume, est facile à trouver dans le voisinage de l'aorte. On en étudie d'ailleurs la structure par les moyens que nous avons indiqués pour les vaisseaux sanguins.

L'imprégnation avec une solution très-diluée de nitrate d'argent (0^{g}.30 de nitrate cristallisé pour 100 d'eau), est très-utile pour marquer le contour des cellules épithéliales.

CHAPITRE VII

LA PEAU

La peau, qui à l'œil nu paraît si lisse, si fine et si unie, marquée seulement de quelques plis et en certains points de petites stries régulières, est bien loin d'être aussi simple qu'on peut le croire au premier abord.

Elle se compose d'abord d'une couche extérieure, l'*épiderme* et d'une couche profonde, le *derme*.

L'épiderme lui-même peut être divisé au moins en deux couches isolables par la macération : l'épiderme proprement dit ou *couche cornée* (*a*, fig. 64) et le *réseau muqueux de Malpighi* (*b*). Ce dernier peut même être considéré comme formé de deux couches dont l'une superficielle et l'autre profonde.

Le derme est composé de même de deux couches qui se confondent à leur surface de contact : le derme proprement dit (*c*) et le tissu conjonctif sous-cutané (*d*).

Enfin, dans ces différentes couches, on trouve des vaisseaux sanguins, des vaisseaux lymphatiques, des nerfs, des cellules adipeuses, des glandes sudoripares, des glandes sébacées et leurs conduits excréteurs plus ou moins longs.

L'épiderme proprement dit, que nous avons déjà étudié en partie, est un épithélium formé de nombreux étages de cellules aplaties ayant pris une consistance cornée dans les couches superficielles, lesquelles peuvent être très-nombreuses et très-épaisses, car c'est du développement plus ou moins considérable de la couche cornée en certaines parties du corps, comme à la paume des mains et à la plante des pieds, que dépend l'épaisseur de la peau dans ces parties. Les frottements répétés, provenant de travaux habituels, peuvent développer cette épaisseur dans des parties très-différentes. Les cors, les durillons, les calus proviennent de semblables épaississements de la couche cornée.

Les cellules qui composent cette couche se sont, nous l'avons

dit, aplaties, converties en lamelles écailleuses de *kératine*, et ne présentent plus, surtout les plus superficielles, aucune trace du protoplasma qui les remplissait antérieurement, non plus que du noyau. L'ébullition dans la potasse ou la soude leur rend leur forme primitive arrondie, et l'on peut y reconnaître alors des restes du protoplasma et parfois même du noyau. Celles qui sont placées à la surface de la peau s'usent journellement par les frottements et se détachent sous forme de pellicules furfuracées.

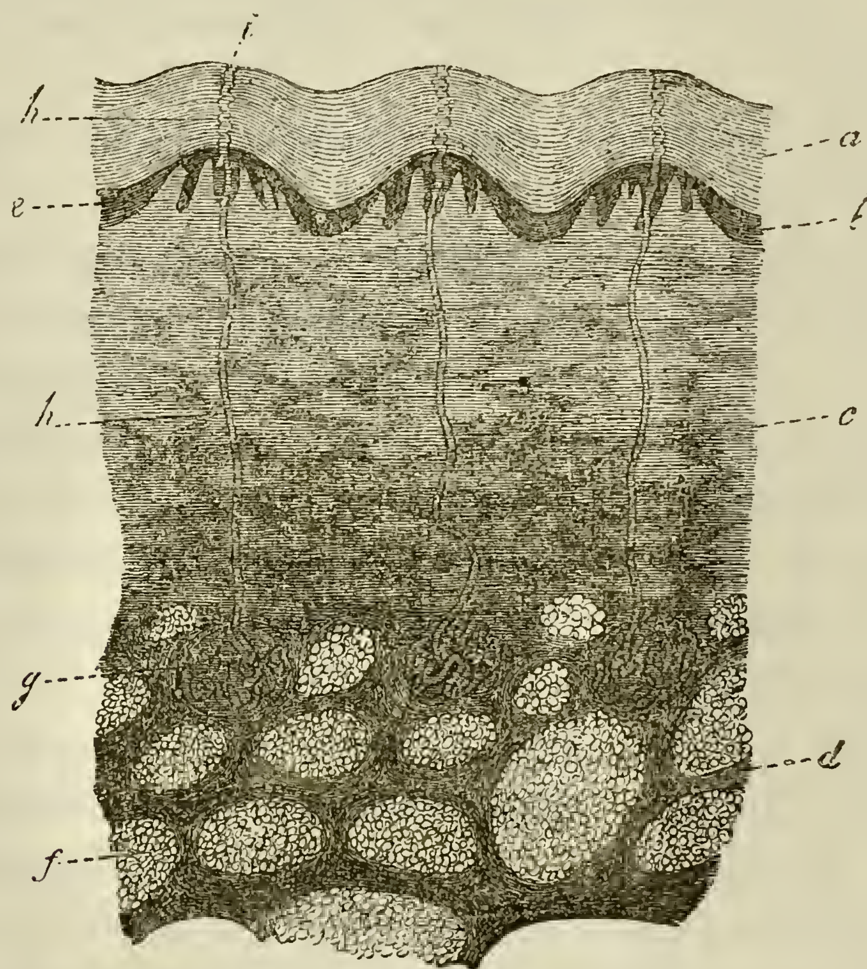


Fig. 64. — Coupe verticale de la peau (pulpe du pouce).

a, couche cornée; *b*, couche muqueuse de l'épiderme ; *c*, derme ; *d*, tissu conjonctif sous-cutané ; *e*, papilles du derme; *f*, lobules adipeux ; *g*, glandes sudoripares ; *h*, conduits excréteurs ; *i*, pores sudorifères. (Grossissement, 20 diam.)

Cette couche cornée forme à la surface de nos téguments une sorte de vernis, très-peu perméable aux agents extérieurs, qui préserve nos tissus et les garantit contre l'absorption.

La couche muqueuse de Malpighi présente un aspect réticulé que l'on retrouve en partie sur la surface de la couche cornée, surface marquée de stries ou sillons parallèles, par exemple sur la peau de la pulpe des doigts et de la paume de la main. Cet aspect provient de ce que la surface supérieure du derme est hérissée d'éminences

arrondies, séparées par des sillons profonds et qu'on appelle les *papilles du derme* (*e*). La couche de Malpighi recouvre ces papilles, plus profonde au-dessus des sillons, moins épaisse au-dessus des papilles dont elle suit néanmoins le contour onduleux.

La couche la plus profonde du réseau de Malpighi est formée d'un seul rang de cellules cylindriques insérées perpendiculairement sur le derme. Ces cellules possèdent un noyau et sont remplies d'un protoplasma granuleux ; leur membrane d'enveloppe est si fine que son existence est douteuse et que plusieurs histologistes considèrent cette couche comme formée d'une lame de substance fondamentale contenant des noyaux.

Ces cellules représentent le plus jeune âge de celles qui composent les couches supérieures. Au-dessus d'elles, en effet, les cellules apparaissent en plusieurs couches. Elles sont d'abord arrondies, contiennent un protoplasma granuleux et un noyau nucléolé. Leurs bords sont remarquablement crénelés et les cellules paraissent engrenées les unes dans les autres. A la partie supérieure de cette couche elles commencent à s'aplatir et à prendre la forme qu'elles auront dans la couche cornée.

Tel est le réseau de Malpighi formé, comme on le voit, de deux couches ou de deux ordres de cellules. C'est dans la partie profonde de cette couche que s'amasse, dans les cellules, le pigment noir ou brun qui colore la peau des nègres et même celle des hommes de la race blanche, surtout chez les personnes brunes, notamment autour des mamelons, au scrotum, etc.

Le derme est un tissu résistant formé de faisceaux de fibres conjonctives, de fibres élastiques, de cellules de tissu conjonctif, dans lequel circulent de nombreux vaisseaux et des glandes. Sa surface supérieure est élevée, comme nous l'avons dit, en nombreuses papilles qui font saillie dans les couches profondes de l'épiderme. Il est, à ce niveau, très-serré, très-homogène, et ne possède que peu de faisceaux élastiques. Dans sa partie moyenne, on trouve quelques fibres musculaires lisses ; sa couche profonde se continue avec le tissu conjonctif sous-cutané.

Ce tissu, qu'on appelle aussi *tissu cellulaire sous-cutané*, a la même constitution générale que le derme avec lequel il se confond,

sauf qu'il contient de nombreuses cellules adipeuses, c'est-à-dire contenant des globules de graisse en amas plus ou moins volumineux et abondants. Ces éléments prennent chez certaines personnes un développement considérable, ainsi que chez les animaux soumis au régime de l'engraissement (*f*).

Le derme acquiert une épaisseur assez considérable qui varie suivant les régions. Très-mince aux lèvres, au prépuce, au gland, aux paupières, il peut avoir de 0mm,6 à 1 millimètre à la face, et 3 millimètres à la plante des pieds.

C'est dans les papilles du derme que sont logés les *corpuscules du tact*, petites agglomérations allongées de tissu conjonctif serré, dans lesquels viennent se noyer les terminaisons des nerfs sensitifs de la peau (fig. 65). Leur forme et leur volume sont très-variables ;

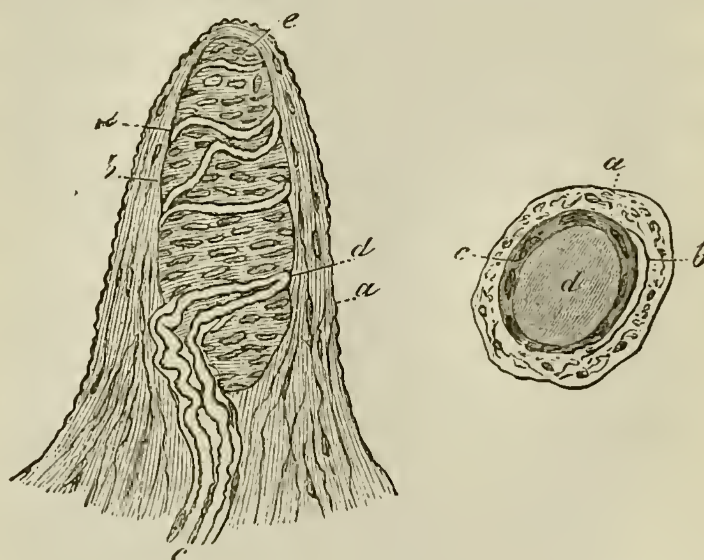


Fig. 65. — Corpuscule du tact chez l'homme. (Grossissement, 350 diam.)

Coupe longitud. ; *a*, papille du derme ; *b*, corpuscule du tact ; *c*, nerf ; *d*, fibres nerveuses parcourant le corpuscule ; *e*, terminaison d'une fibrille nerveuse.

Coupe transvers. : *a*, tissu conjonctif de la papille ; *b*, fibre nerveuse ; *c*, enveloppe à noyaux du corpuscule *d*.

les plus grands, qui sont allongés, peuvent avoir 0mm,11 de long sur 0mm,045 de large (paume de la main). Les plus petits sont arrondis. Ils sont placés au sommet de la papille et dans son axe. Ces papilles sont ordinairement disposées par groupes et celles qui ne contiennent pas un corpuscule sont remplies par des anses irrégulières formées par les vaisseaux sanguins qui ont traversé le derme. Certaines papilles composées contiennent à la fois des anses vasculaires et un corpuscule du tact.

Ces corpuscules sont très-nombreux dans la peau de la face

palmaire des doigts et surtout de la dernière phalange. Meissner en a compté 108 dans 400 papilles comprises dans une surface de 2 millimètres carrés de peau prise sur la pulpe de la dernière phalange, 40 sur la deuxième phalange, 15 sur la première et 18 sur la paume de la main (sur 2 millimètres carrés de surface). Ils suivent la même distribution au pied. Ils sont très-rares sur l'avant-bras, le dessus du pied et de la main. On en trouve quelques-unes dans la peau des lèvres et du mamelon (1).

Le singe est le seul mammifère chez qui on trouve des corpuscules semblables.

Les vaisseaux capillaires sanguins forment des réseaux serrés dans le tissu conjonctif sous-cutané où ils enveloppent les cellules adipeuses, les glandes sudoripares et les follicules sébacés. C'est de ces réseaux que se détachent les anses vasculaires dont sont munies les papilles dépourvues de corpuscules. Quant aux vaisseaux lymphatiques, ils sont très-abondants dans le derme des parties où la peau est molle et partout où les papilles sont nombreuses. Ils forment deux nappes, l'une superficielle, composée de vaisseaux étroits, l'autre profonde, formée de vaisseaux plus larges. Le tissu sous-cutané en offre peu ou point.

Les glandes de la peau sont de deux espèces, les *glandes sudoripares* et les *glandes sébacées ;* il faut y joindre les *follicules pileux* que nous étudierons avec les productions épidermiques.

Les glandes sudoripares, c'est-à-dire qui sécrètent la sueur, sont constituées par un tube dont la direction générale est perpendiculaire à la surface de la peau et qui se pelotonne sur lui-même dans la couche sous-cutanée du tissu conjonctif, de manière à y former un glomérule (*g*, fig. 64). Puis, ce tube, traversant le derme et l'épiderme, vient en se tordant légèrement en spirale déboucher dans un sillon de l'épiderme où il forme ce qu'on appelle ordinairement un pore de la peau (*i*). Le glomérule peut avoir jusqu'à 3 millimètres de diamètre (aisselle) ou seulement $0^{mm},2$ ou $0^{mm},3$ (paupière). Le tube qui le constitue n'a pas de paroi propre dans sa traversée de la couche cornée ; il est simplement limité par des

(1) Cohnheim a trouvé, à l'aide de l'imprégnation par le chlorure d'or, que certains nerfs de la peau viennent se terminer dans la couche profonde du réseau de Malpighi.

cellules épidermiques dressées dans le sens de son axe. Plus bas, il est composé d'une tunique épithéliale avec une ou plusieurs couches de cellules semblables à celles des couches profondes de l'épiderme, mais contenant souvent des molécules graisseuses ou des granulations pigmentaires jaunâtres. La tunique externe peut être accompagnée de quelques fibres musculaires lisses dans les grosses glandes sudoripares (aisselle).

Les glandes sébacées sécrètent une matière grasse, onctueuse qui se répand sur la peau. Elles sont formées d'un sac court et renflé, d'une utricule tapissée à son intérieur d'une couche de cellules semblables à celles du réseau de Malpighi, mais presque sphériques ou polyédriques. La cavité est remplie par d'autres cellules analogues, mais pleines de granulations graisseuses et subissant entièrement la dégénérescence adipeuse. Ces cellules, en éclatant, répandent leur contenu dans la cavité où il se mêle, sous forme d'une matière huileuse, aux débris des cellules rompues. Le plus souvent, ces glandes s'abouchent dans le conduit d'un follicule pileux, mais parfois elles s'ouvrent directement à la surface de la peau (mamelon).

Préparation. — On rend préalablement la peau transparente en la faisant macérer dans un liquide acide ainsi composé :

Eau distillée	2 parties.
Alcool (densité 0,815)	1 —
Acide acétique monohydraté	1 —

Ou bien

Eau	30	
Alcool	60	
Glycérine	60	
Acide acétique	6	
Acide azotique	3	(Beale).

Lorsque les tissus sont devenus transparents, on les étale sur une plaque de liége et on fait les coupes dans divers sens. Il est quelquefois utile de les faire sécher pour pratiquer les sections. On gonfle ensuite les coupes dans l'eau où elles retrouvent leur transparence. On peut faire les coupes au rasoir ou avec les ciseaux courbes.

On peut encore faire durcir les fragments de peau très-frais dans l'alcool absolu, ce qui permet de faire des coupes très-minces, longitudinales et transversales (ces dernières coupant les papilles par le travers sont très-utiles pour étudier les corpuscules du tact). On rend les coupes transparentes dans l'acide acétique, glycériné ou non.

On peut conserver ces coupes après les avoir lavées dans l'alcool ordinaire, puis dans l'alcool absolu et dans la térébenthine, et on les prépare dans le baume du Canada.

On opère de même pour préparer les ongles, les griffes, le bec des oiseaux, la *cire* de la face des gallinacés, les caroncules.

Ces coupes peuvent servir à l'étude des follicules pileux et des poils.

CHAPITRE VIII

PRODUCTIONS ÉPIDERMIQUES

On considère comme formés par une modification de l'épiderme les *ongles* et les *poils*, *cheveux*, *follets*, etc.

I. — Les ongles.

L'ongle est une production formée par la couche cornée de l'épiderme doublée, en dessous, des couches supérieures du réseau de Malpighi. Pour bien en comprendre la constitution, remontons à l'époque de la formation de l'ongle chez le fœtus, c'est-à-dire vers le troisième mois de la vie intra-utérine.

A ce moment, les couches moyennes et supérieures du réseau de Malpighi s'aplatissent et se soudent les unes aux autres de manière à former une sorte de membrane résistante qui se dirige vers l'extrémité du doigt, poussée en avant par la formation continuelle, à sa partie postérieure, de nouvelles cellules qui s'ajoutent aux rangées de cellules précédemment associées. Le point intra-épider-

mique où commence cette transformation s'appelle la *matrice de l'ongle*. La couche cornée située au-dessus de cette partie du réseau de Malpighi transformée en membrane lui reste associée, se durcit et est entraînée en même temps en avant. La lame cornée atteint bientôt l'extrémité du doigt et, là, devient libre. C'est le bord libre de l'ongle. Elle se trouve ainsi enchâssée, en arrière, dans un repli non modifié de la couche muqueuse de Malpighi qui recouvre la racine de l'ongle, et, de chaque côté, dans un repli latéral semblable.

La couche de Malpighi règne donc partout au-dessous de l'ongle. La couche cornée épidermique vient mourir en s'amincissant au-dessus de la racine et elle reparaît au-dessous du bord libre où commence la pulpe du doigt.

L'ongle lui-même est donc formé, par-dessus, d'une couche cornée et des rangs supérieurs de la couche de Malpighi, qui forment ce qu'on appelle la couche muqueuse de l'ongle. Au-dessous est le derme séparé de la couche muqueuse de l'ongle par les dernières rangées de cellules profondes du réseau de Malpighi. Ces dernières régénèrent continuellement l'ongle, par-dessous, dans son épaisseur, tandis que celles qui se produisent sans cesse et se transforment dans la matrice le régénèrent continuellement dans sa longueur et sa largeur.

Le derme placé sous le *corps* de l'ongle en forme le *lit ;* ses papilles sont disposées en crêtes longitudinales dont l'existence se manifeste au dehors par les fines stries qui ondulent la surface de l'ongle, d'arrière en avant. Ces papilles dermiques du lit de l'ongle sont très-riches en vaisseaux sanguins, très-pauvres en filets nerveux.

Sous le microscope, la couche cornée de l'ongle se compose de cellules aplaties en lamelles, complétement transformées en kératine, mais à qui l'ébullition dans la potasse rend leur forme et même leur noyau. La couche muqueuse est formée de plusieurs rangs de cellules cylindriques, identiques à celles qui composent la couche la plus profonde du réseau de Malpighi. Les cellules immédiatement contiguës à la couche cornée sont seules arrondies ou polyédriques. Ce sont elles qui vont se transformer en cellules cornées et s'ajou-

ter à la couche cornée unguéale à mesure que l'ongle poussera, ce qui fait que l'ongle est plus épais en avant qu'en arrière.

Les deux couches unguéales peuvent être séparées mécaniquement. On voit alors que la couche cornée est munie de dentelures qui entrent dans les sillons de la couche de Malpighi, lesquels correspondent aux papilles du derme du lit de l'ongle.

Des observations semblables peuvent être faites sur les griffes d'animaux qui sont des ongles roulés dans leur longueur.

II. — Les Poils.

Les poils, cheveux, poils follets, etc., qui, sous diverses formes et divers aspects, garnissent à peu près toute la surface du corps humain sont produits par un follicule particulier, appelé *follicule pileux*, dans lequel débouche le plus souvent le conduit d'une ou de plusieurs glandes sébacées.

Ce follicule, long et étroit, est formé de deux enveloppes, l'une externe, l'autre interne, que recouvre encore une couche condensée du tissu conjonctif ambiant. Au fond du cul-de-sac, une papille dermique fait saillie dans le follicule, et c'est sur cette papille que prend naissance la formation pileuse ; celle-ci commence à la surface de la papille, où la matière pileuse forme un renflement qu'on appelle le *bulbe* du poil. Au-dessus du bulbe, le poil diminue de diamètre, et se dirige vers le dehors. Toute la partie du poil qui reste incluse dans le follicule constitue la *racine*. Plus haut, c'est la *tige*.

Entre les deux membranes, externe et interne, qui constituent la paroi du sac glandulaire, la couche de Malpighi de l'épiderme environnant s'insinue dans le follicule et descend le long de la racine jusqu'au fond du cul-de-sac, en formant avec ses deux couches, profonde et supérieure, une double gaîne à cette racine, la *gaîne externe* assez épaisse, la *gaîne interne* très-fine. Enfin, le corps de la racine elle-même est recouvert par une membrane excessivement mince, la *cuticule*.

Quant au corps du poil, il est formé d'une substance colorée par

un pigment plus ou moins foncé, qui donne sa couleur au cheveu ou au poil, la *substance corticale*, et au centre de celle-ci, d'une *substance médullaire* souvent entrecoupée de vacuoles pleines d'air. Cette moelle du cheveu, qui existe dans les poils et dans les cheveux, manque dans les poils follets.

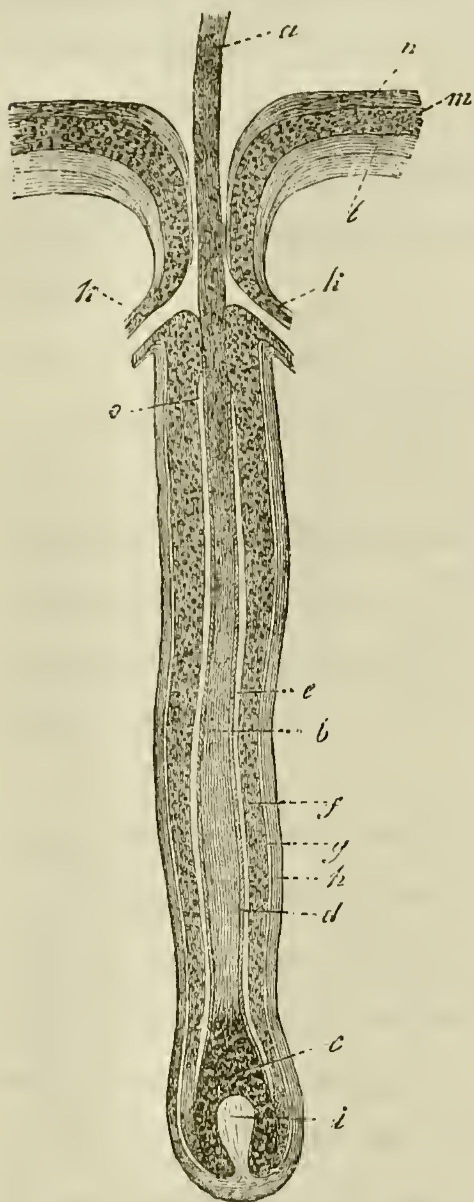


Fig. 66. — Follicule pileux, coupe longitudinale. (Grossiss. 50 diam.)

a, corps du poil ; *b*, racine ; *c*, bulbe ; *d*, cuticule ; *e*, gaîne interne de la racine ; *f*, gaîne externe ; *g*, membrane interne du follicule ; *h*, membrane externe du follicule ; *i*, papille du poil ; *k*, conduits excréteurs des glandes sébacées ; *l*, derme ; *m*, couche muqueuse de Malpighi ; *n*, couche cornée ; *o*, niveau de la terminaison de la gaîne interne de la racine.

Ainsi donc, si l'on fait une coupe d'un follicule pileux on rencontre les couches suivantes (fig. 66) :

1° Le tissu conjonctif ambiant condensé le long des parois du follicule et formant comme une membrane assez mince. Elle se compose de tissu conjonctif fibreux, auquel adhèrent quelquefois un faisceau de fibres musculaires lisses. Ce tissu conjonctif longitudinal contient des noyaux fusiformes, dirigés dans le même sens, mesurant de $0^{mm},0025$ à $0^{mm},0060$. On y trouve aussi un réseau capillaire ;

2° La membrane externe du follicule (*h*), la plus épaisse, formée de tissu conjonctif contenant des cellules à noyaux allongés. Cette membrane se termine supérieurement au niveau du point où s'abouchent les glandes sébacées (*k*), qui d'ordinaire aboutissent dans le follicule pileux, niveau où la couche de Malpighi de l'épiderme environnant plonge dans le follicule ;

3° La membrane interne du follicule (*g*), fine, transparente, un peu striée, sans structure apparente. Elle se termine au même niveau que la couche précédente ;

4° La gaîne externe de la racine (*f*), constituée par la partie profonde du réseau de Malpighi de l'épiderme environnant qui plonge

dans le follicule, par-dessus les bords du sac formé par les membranes précédentes. Les cellules qui composent cette couche ont la même forme que celles de la couche de Malpighi, généralement arrondies; celles formant la couche la plus interne sont plus aplaties, comme les cellules de la couche supérieure du réseau de Malpighi qu'elles continuent dans le follicule; les plus externes, allongées, cylindriques, comme les cellules profondes de ce même réseau. Cette gaîne plonge jusque vers le fond du sac. Là, elle se relève dans l'axe du follicule, en passant sous les bords du cylindre formé par la gaîne interne de la racine; ses cellules se condensent dans cette partie, y forment une masse globuleuse autour de la saillie constituée par la papille dermique. Le pigment se condense dans ces cellules qui forment le bulbe, de la partie supérieure duquel part le corps du poil ou du cheveu. Celui-ci est donc bien la continuation de la couche de Malpighi plongeant dans le sac et se redressant au fond du sac pour y former le bulbe, puis le poil;

5° La gaîne interne de la racine, membrane fine, transparente, vitreuse (*e*), qui double la gaîne externe, depuis le point où celle-ci, quittant le plan du réseau de Malpighi, plonge dans le sac par en haut, et se termine par en bas un peu avant le fond du sac, là où la gaîne externe se redresse dans l'axe du follicule pour former le bulbe. On peut y distinguer deux couches, l'une plus externe (couche de Henle), formée de cellules arrondies, allongées, sans noyaux, laissant entre elles de petites lacunes longitudinales que la pression agrandit; l'autre plus interne (couche de Huxley), formée d'un ou deux rangs de cellules polyédriques, courtes, larges et munies d'un noyau. Cette dernière couche paraît se continuer avec les couches périphériques du bulbe sur lesquelles elle vient se terminer.

6° Le corps du poil. — Celui-ci se compose :

a. De l'*épiderme* ou *cuticule*. — Cette couche, très-mince (*d*), est formée dans la racine d'une double rangée de petites cellules transparentes, munies de noyaux, mais le rang externe cesse vers le point où le poil émerge hors du follicule. Le rang interne seul persiste pour former l'épiderme du poil. Les cellules perdent leurs noyaux, s'aplatissent et forment un système d'écailles minces, imbriquées, qui ont de $0^{mm},025$ à $0^{mm},045$ de diamètre, et apparais-

sent sur le corps du cheveu comme un dessin transversal composé de lignes onduleuses ou dentelées. Le frottement les enlève facilement, de sorte qu'elles manquent très-souvent, surtout sur les cheveux de femmes.

b. De la *couche corticale*. — Nous avons expliqué comme quoi la substance qui compose cette couche procède de la gaîne externe de la racine, c'est-à-dire de la couche de Malpighi, condensée pour former le bulbe.

Ce bulbe composé de petites cellules serrées, pigmentées dans les cheveux ou les poils colorés, s'allonge à sa partie supérieure, et se prolonge à sa périphérie pour former la substance corticale, tandis qu'à sa partie centrale il se modifie pour constituer la substance médullaire.

Les cellules de la substance corticale s'allongent et se transforment en petites plaques, tandis que le noyau, d'abord sphérique, prend l'aspect d'un bâtonnet; elles se durcissent, deviennent fusiformes, irrégulières, et mesurent en longueur $0^{mm},067$ en moyenne. Les noyaux finissent par disparaître, et les cellules sont alors tellement unies qu'on ne peut les distinguer sans un artifice de préparation, (action de l'acide sulfurique). La substance paraît homogène, striée seulement dans la longueur, en raison des lignes de démarcation des cellules soudées, renfermant des bulbes d'air et colorée d'une manière plus ou moins foncée par des granulations pigmentaires.

c. De la *substance médullaire*. — Formée, comme nous venons de le dire, de la partie centrale du bulbe, la moelle du cheveu apparaît, au milieu de la couche corticale, comme une ligne qui occupe le tiers ou le quart de sa largeur. Dans la racine, cette substance est formée des cellules de la substance corticale, allongées, agrandies, nucléolées, qui, plus haut, se dessèchent, perdent leurs noyaux, et laissent entre elles de longues lacunes pleines d'air. Cette moelle ressemble alors beaucoup à la substance sèche, lamelleuse, qui occupe le centre des plumes d'oiseaux près de leur extrémité d'implantation. Elle est blanche dans les cheveux blancs, colorée dans les cheveux de couleur.

La moelle, nous l'avons dit, manque dans les poils follets, ainsi

que dans certains poils d'animaux, par exemple dans la *laine* proprement dite du mouton.

Le diamètre des poils ou des cheveux humains est très-variable, de $0^{mm},013$ à $0^{mm},0013$.

Poils d'animaux. — L'étude microscopique du poil des animaux amène à constater les mêmes éléments dans ces productions. Cependant, les poils de chaque espèce présentent, soit dans leur forme, soit dans leur diamètre, des différences qui permettent souvent au micrographe de reconnaître à quel animal ils appartiennent. La connaissance de ces caractères est très-importante au point de vue de la microscopie légale.

Les poils auxquels on a le plus souvent affaire, et qui se trouvent souvent, d'ailleurs, apportés par l'atmosphère dans les préparations extemporanées, sont d'abord ceux qui constituent la laine de nos vêtements, c'est-à-dire les poils du mouton, puis ceux du lapin, et même ceux du chat.

Les poils de la laine sont larges de $0^{mm},08$ à $0^{mm},04$, dans les laines communes, et de $0^{mm},020$ à $0^{mm},025$ dans les laines fines. Ils sont assez transparents, à moins qu'ils n'aient été teints, ce qui est facile à reconnaître. Ils sont flexueux, présentant des lignes transversales formées par les cellules épithéliales imbriquées, lesquelles produisent une dentelure assez marquée. Cependant, sur les laines usées, les dentelures, et par conséquent le dessin épidermique, peuvent avoir plus ou moins disparu. Ces poils ne contiennent pas de substance médullaire et sont complétement pleins (1).

Les poils de lapin sont plus minces, de $0^{mm},007$ à $0^{mm},010$ de diamètre environ, et contiennent un canal médullaire nettement et régulièrement cloisonné. Il en est de même des poils des autres rongeurs, cobaies, rats, etc.

Les poils du chat ont un aspect très-caractéristique. Ils ont à peu près le même diamètre que les poils de lapin, et présentent un aspect cloisonné du canal médullaire, à cloisons très-rapprochées, avec une dentelure accentuée au niveau de chaque cloison. Vus

(1) Cependant la *jarre*, qu'il ne faut pas confondre avec la laine et qui est formée par des poils plus raides et plus grossiers, deux ou trois fois plus épais que la laine, présente un canal médullaire.

au microscope, ils ressemblent beaucoup à une antenne de langouste.

Des études semblables et très-faciles peuvent être faites sur la forme et l'aspect des poils de différents animaux, chien, cheval, bœuf, etc. Un poil très-curieux, entre autres, est celui de la chauve-souris. Il a l'apparence d'une série de petites clochettes, à bords dentelés, empilées, la gueule en l'air, les unes sur les autres, mais sans s'emboîter, et comme enfilées dans un axe très-mince. Cet axe se termine, au bout du poil, par une nodosité côtelée surmontée d'un gros pinceau redressé, les poils en haut, semblable à un de ces gros glands (redressé) qui terminent les cordelières employées pour retenir les tentures et les rideaux.

Les poils d'insectes présentent aussi des structures très-compliquées et souvent très-élégantes. C'est ainsi que les poils roux ou noirs qui garnissent, comme d'un velours, le corselet et la tête des Hyménoptères de la famille de l'abeille (abeille, bourdon, mélipones, etc.) sont rameux et ont l'aspect de délicates petites mousses. Ceux de beaucoup de chenilles semblent des séries de godets, aux bords frangés, emboîtés les uns dans les autres.

Les plumes présentent des caractères qui se rapprochent de ceux des poils rameux, sauf que la ramification est triple ou quadruple. Toutes ces études sont d'ailleurs faciles à faire, au point de vue de la forme, au moins, si ce n'est sous le rapport de la structure intime.

Préparation. — On peut étudier les cheveux et les poils en les plaçant entre deux verres dans une goutte de glycérine, mais pour reconnaître la présence de l'épithélium qui, on le sait, manque très-souvent, il faut faire bouillir le cheveu dans un alcali. On le gratte alors avec le tranchant d'un scalpel et on en sépare ainsi des lambeaux d'épiderme ou des cellules isolées. En traitant ainsi un cheveu blanc, c'est-à-dire dans lequel la matière colorante de la substance corticale manque (ce qui est un effet de l'âge), ou le poil blanc d'un animal dans lequel cette matière colorante manque naturellement, on peut apercevoir les cellules de la moelle, d'aspect argenté, et les lacunes qui les interrompent. Par l'action de l'acide sulfurique étendu, on dissout la matière qui unit les cellules dur-

cies de la substance corticale et on isole celles-ci sous forme de petits fragments allongés.

L'étude de la racine et des follicules est beaucoup plus délicate et l'on doit employer pour la faire les réactifs qui servent à l'examen de la peau et du tissu conjonctif.

Les coupes transversales sont utiles et l'on peut les réaliser assez facilement en nouant fortement une mèche de cheveux et en pratiquant, dans la masse, des coupes aussi rapprochées que possible, avec de bons ciseaux. Il est bien rare que dans le grand nombre de sections ainsi obtenues on ne trouve pas des coupes suffisamment minces. On peut encore réunir, avec de la gomme, les cheveux ou les poils de manière à en faire une sorte de cylindre solide dans lequel on fait des coupes aussi minces que l'on veut avec les instruments appropriés. On reçoit ces coupes dans l'eau qui dissout la gomme et les dissocie.

On trouve souvent d'excellentes coupes transversales de poils sur le linge où l'on essuie son rasoir en se faisant la barbe à de courts intervalles.

CHAPITRE IX

LES DENTS

Les dents naissent dans des follicules situés au fond de la gouttière des maxillaires ; l'histoire de leur développement est encore une des questions les plus délicates de l'histogénèse, aussi ne pouvons-nous la traiter ici ; nous nous bornerons à indiquer sommairement les éléments histologiques que le microscope révèle dans leur composition et nous prendrons pour exemple une dent humaine complétement développée.

Au point de vue anatomique, on distingue dans la dent quatre parties. La *racine*, souvent multiple, qui est incluse dans l'alvéole ; le *collet* qui marque le point où la dent sort de l'alvéole ; la *couronne* qui est située au-dessus de la gencive et séparée de la racine par le

collet ; elle est plate et mamelonnée dans les dents molaires, pointue et aplatie dans les canines, aplatie et tranchante dans les incisives. La couronne des molaires des animaux carnivores est taillée en arête tranchante. Enfin, la dent est creusée d'un cavité centrale remplie d'un tissu conjonctif appelé *pulpe*, très-riche en vaisseaux et aussi en nerfs qui sont le siége des odontalgies si douloureuses que tout le monde connaît.

Chaque racine de la dent est creusée d'un canal aboutissant dans la cavité centrale. Par ce canal, pénètrent les filets vasculaires et nerveux qui vont plonger et se ramifier dans la pulpe, et c'est par ce même canal que sortent les veines qui complètent le système vasculaire nourricier de la dent.

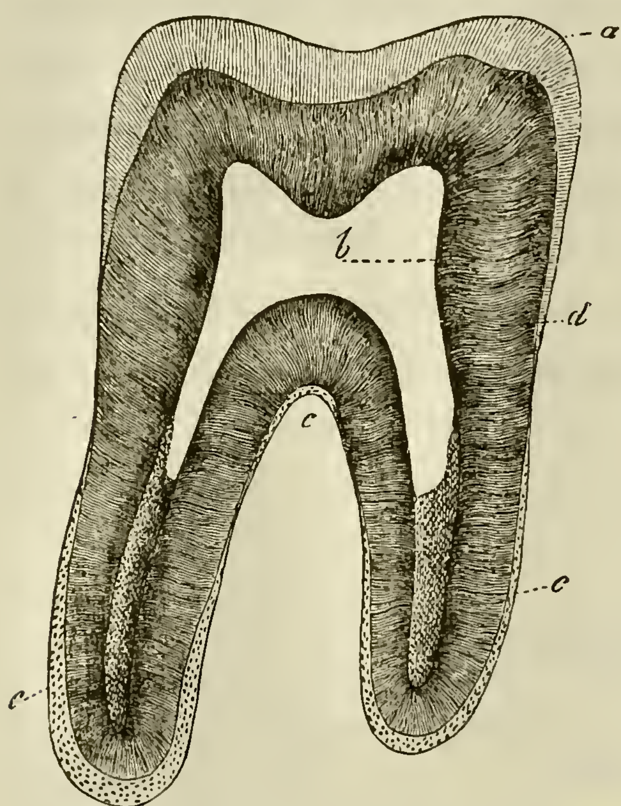


Fig. 67. — Coupe longitudinale d'une molaire humaine. (Grossissement 15 diam.)
a, émail ; *b*, cavité dentaire contenant la pulpe, à l'état frais ; *c*, cément ; *d*, dentine et canalicules.

Au point de vue histologique, la dent est composée de quatre substances : la *dentine* ou *ivoire* qui forme la masse générale de la dent, l'*émail* qui recouvre et protége la couronne, le *cément* qui recouvre la racine, et la *pulpe* (fig. 67).

La *dentine* (*d*) est une substance qu'on peut considérer comme un tissu osseux modifié et privé de cellules osseuses. Elle est plus dure, mais parcourue aussi par des canalicules qui, toutefois, ont un aspect tout à fait spécial. Ils sont régulièrement disposés et à peu près parallèles les uns aux autres, tendant cependant toujours à se rapprocher de la perpendiculaire à la surface de la dent. Ils paraissent prendre naissance dans la cavité centrale et se diriger à travers l'ivoire en faisant deux ou trois courbures ou ondulations ; puis, bientôt, ils se ramifient et s'anastomosent de manière à former un réseau, mais conservent toujours une apparence générale de parallélisme. Les uns vont aboutir à la surface de séparation de la

dentine et de l'émail, quelques-uns même pénètrent dans l'émail; les autres vont se terminer dans des lacunes situées dans une couche particulière, dite *couche granuleuse de Tomes* située entre l'ivoire et le cément.

Ces canalicules sont très-fins, leur diamètre varie de $0^{mm},001$ à $0^{mm},0025$; imbibés d'un liquide, ils deviennent invisibles comme les canalicules osseux, aussi ne peuvent-ils être bien observés que sur des coupes sèches ou traitées par al glycérine qui provoque, ainsi que nous l'avons dit en parlant du tissu osseux, un dégagement de gaz dans leur intérieur. Leur surface interne est tapissée par une membrane propre, épaisse et dure, ce qui permet de les isoler en ramollissant la substance fondamentale de la dentine dans les acides, les alcalis ou dans l'eau bouillante. Cette substance fondamentale se divise elle-même par la macération en travées délimitées par les canalicules.

La couche granuleuse de Tomes, qui sépare la dentine du cément, se reconnaît à un nombre considérable de lacunes irrégulières dont elle est parsemée, lacunes entre lesquelles la dentine forme des saillies mamelonnées qu'on a appelées *globules de la dentine;* Czermak désigne cette partie sous le nom d'*espaces interglobulaires*. Enfin dans l'épaisseur de l'ivoire, dans la couronne, on remarque des lignes onduleuses quasi-stratifiées (*lignes de contour*, d'Owen), indices du mode de développement de la dent.

L'*émail* (*a*) recouvre, avons-nous dit, la couronne de la dent et commence où finit le cément, au collet. Très-mince dans cette partie, il devient de plus en plus épais jusque sur la surface supérieure de la couronne où il présente son maximum d'épaisseur. Il forme une couche nettement limitée, un peu anfractueuse à sa surface de séparation avec la dentine. Il se présente comme composé de longs filaments onduleux, perpendiculaires à la surface et qui paraissent, pour le plupart au moins, avoir en hauteur toute l'épaisseur de la couche d'émail. Ils sont fortement serrés les uns contre les autres et ont la forme de prismes à six pans. La section transversale de l'émail donne en effet une mosaïque très-régulière composée d'éléments hexagonaux, Aussi les appelle-t-on *prismes de l'émail*. Leur épaisseur est de $0^{mm},002$ à $0^{mm},004$. Ces prismes paraissent striés.

Ils laissent parfois entre eux quelques lacunes irrégulières qui semblent accidentelles.

L'émail forme une substance excessivement dure, particulièrement composée de phosphate de chaux mêlé de carbonate de chaux, de phosphate de magnésie et d'autres sels; Berzélius y a démontré la présence du fluorure de calcium. Les matières organiques et grasses n'y dépassent guère 5 pour 100. Cette substance est douée de la double réfraction à un assez haut degré. L'émail manque de vaisseaux et de nerfs. Ajoutons qu'il est recouvert extérieurement par une membrane mince, homogène, une sorte de vernis encore plus dur qu'on appelle l'épiderme ou la *cuticule* de l'émail (1).

Le *cément* (*c*) joue à la surface de la racine le rôle que remplit l'émail sur la couronne. Il commence au collet, où finit l'émail, et devient de plus en plus épais vers la pointe de la racine. C'est du tissu osseux homogène, strié ou lamelleux. Il renferme peu de canaux de Havers; les cellules osseuses n'y sont même abondantes que vers la pointe de la racine. Une partie de leurs prolongements se relient avec les canalicules de la dentine. Le cément constitue naturellement une couche beaucoup moins dure que la dentine et surtout que l'émail.

La *pulpe*, enfin, qu'on ne peut étudier que sur des organes frais, est, comme nous l'avons indiqué, composée de tissu conjonctif très-vasculaire, riche en nerfs, mais remarquable surtout en ce que sa surface extérieure, qui est en rapport avec la couche la plus interne de l'ivoire, est recouverte par une sorte d'épithélium stratifié composé de longues cellules minces, à noyaux allongés, et munies de très-longs prolongements qui s'enfoncent dans les canalicules de la dentine, canalicules qu'ils parcourent sans doute dans toute leur longueur.

Quant aux dépôts sédimentaires qui encroûtent souvent les dents et qu'on appelle *tartre*, leur composition varie sensiblement suivant la nature de la salive. Ce sont des phosphates terreux, des albuminates provenant des matières organiques des aliments ou des liquides de la bouche.

(1) L'émail n'existe que chez l'homme et les animaux supérieurs.

Préparation. — La première opération à faire consiste à pratiquer des coupes minces par les procédés que nous avons décrits en parlant des os. Ces préparations sont difficiles à faire, à moins qu'on n'en ait une grande habitude, aussi conseillerons-nous, dans le cas où l'on n'aurait pas de recherche spéciale à poursuivre, de les acquérir toutes faites (1). On pourra ainsi étudier très-facilement la dentine, l'émail et le cément.

Pour observer les canalicules dentaires, on ramollit une coupe mince, sur le porte-objet, dans l'eau acidulée avec de l'acide chlorhydrique, à l'ébullition, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de bulles de gaz. On peut même isoler les tubes avec leur paroi propre, qui résiste aux acides, en ajoutant de l'eau et prolongeant l'ébullition pour dissoudre la substance fondamentale sous forme de gélatine.

L'étude des canalicules, des lacunes, des espaces interglobulaires exige que la préparation soit sèche et pleine d'air, à moins qu'on ne l'ait traitée par la glycérine.

Les prismes de l'émail sont plus faciles à résoudre quand on a laissé macérer la coupe dans de l'eau acidulée qui dissout la matière unissante. Enfin, on peut observer la cuticule en opérant sur une dent jeune dont la surface soit bien intacte ; on la traite, sur le porte-objet, par l'eau acidulée d'acide chlorhydrique. Les bulles de gaz qui se dégagent soulèvent bientôt la cuticule qui apparaît comme une membrane transparente, un peu granuleuse, d'une épaisseur moyenne de $0^{mm},001$.

CHAPITRE X

LES MUQUEUSES

Des muqueuses en général.

Les membranes muqueuses continuent la peau à l'intérieur du corps ; elles revêtent la cavité buccale, le pharynx, l'œsophage,

(1) Chez M. J. Bourgogne, père, 57, rue Monge, à Paris, ou chez M. Eugène Bourgogne, 34, rue du Cardinal-Lemoine.

l'estomac, l'intestin et les annexes du tube digestif, les fosses nasales, le larynx, la trachée artère, l'appareil respiratoire, la vessie, l'urèthre, l'utérus et tout le système génito-urinaire. Nous avons donc à indiquer brièvement la structure générale des muqueuses digestive, respiratoire, urinaire et celle des organes génitaux.

Leur composition se rapproche beaucoup de celle de la peau, et les développements dans lesquels nous sommes entrés en traitant de cette partie des téguments nous dispenseront de donner de nouveaux détails sur la structure des muqueuses.

Elles sont formées par une couche de tissu conjonctif appelé *chorion* dont l'aspect peut varier, mais qui conserve toujours une certaine analogie avec le derme, et par un épithélium tantôt formé de cellules aplaties, pavimenteuses, tantôt de cellules cylindriques ou prismatiques, et que nous avons décrit en parlant des épithéliums. Le tissu conjonctif sous-muqueux contient toujours une ou plusieurs couches de fibres musculaires lisses, mais ce qui distingue particulièrement les muqueuses de la peau, c'est que les couches épithéliales ne s'endurcissent jamais de manière à former une substance semblable à la couche cornée épidermique. De plus, elles secrètent un liquide plus ou moins visqueux qu'on appelle *mucus*, liquide que la peau elle-même, lorsqu'elle n'est pas recouverte par la couche cornée, peut aussi secréter. Les mucus produits par les diverses muqueuses ne sont pas identiques, ni dans leur aspect, ni dans leur composition, ni dans leurs propriétés. Ils renferment tous, néanmoins, une matière albuminoïde spéciale, la *mucine* ou *mucosine* que l'on peut étudier dans le blanc d'œuf qui lui doit sa consistance filante et glaireuse. La mucosine a un aspect faiblement strié que l'acide acétique, employé en petite quantité, exagère. Un excès d'acide la rétracte, ce qui la distingue de la fibrine, laquelle se gonfle dans les mêmes circonstances. La mucine contenue dans les mucus très-aqueux peut traverser les filtres, mais celle qui existe dans les mucus très-concentrés reste presque en entier sur les filtres. L'état plus ou moins gonflé, étendu de la mucine, ou bien sa consistance visqueuse, gélatiniforme et même concrète, donne aux différents mucus un aspect tout spécial. Ajoutons que l'épithélium des muqueuses se détruisant incessamment (comme celui de la peau

d'ailleurs), on trouve dans les mucus des débris de cellules et des cellules épithéliales tout entières dont l'examen sous le microscope permet de reconnaître à quelle muqueuse appartient le produit étudié. Enfin, outre une certaine quantité de sels minéraux et de leucocytes, certains mucus contiennent des produits qui leur sont particuliers, tels que la *ptyaline* de la salive.

.I — Muqueuse digestive.

On peut désigner sous le nom de muqueuse digestive celle qui tapisse la cavité de la bouche, la langue, le pharynx, l'œsophage, l'estomac, l'intestin et les divers conduits qui aboutissent dans l'intestin.

Muqueuse buccale. — La muqueuse buccale, comme d'ailleurs celle qui tapisse le tube digestif jusqu'à son arrivée dans l'estomac, se compose d'un chorion formé de tissu conjonctif plus ou moins serré, selon les régions, plus ou moins riche en fibres élastiques ; il est recouvert d'un épithélium stratifié, formé de cellules aplaties, pavimenteuses, dans les couches supérieures, et de cellules cylindriques, dans la couche profonde, comme le réseau de Malpighi.

La surface de cette muqueuse est parsemée d'une quantité innombrable de petites éminences coniques ou filiformes, hautes de $0^{mm},2$ à $0^{mm},4$ qu'on appelle *papilles*. L'épaisseur de la muqueuse est d'environ $0^{m},4$. Le chorion renferme un grand nombre de cellules glandulaires, groupées sous forme de glandes en grappe dont le conduit traverse la muqueuse.

Le système capillaire forme un réseau très-serré dont les anses pénètrent dans les papilles, ainsi que nous l'avons expliqué pour les papilles dermiques. On y trouve aussi des vaisseaux lymphatiques et des nerfs.

Outre les petites glandes en grappe ou *glandes muqueuses* dont nous avons parlé, la muqueuse buccale contient certaines glandes très-importantes, les *glandes salivaires*, au nombre desquelles il faut compter les *parotides*, les glandes *sous-maxillaires* et *sublinguales*.

Ces glandes paraissent des glandes muqueuses plus compliquées, composées de culs-de-sac de 0^{mm},05 environ de diamètre, remplies de cellules glandulaires à noyaux et munies d'un conduit excréteur constitué par du tissu conjonctif recouvert d'un épithélium cylindrique. D'après Giannuzzi, ces cellules glandulaires seraient munies d'un prolongement recourbé en forme de virgule.

La *salive* sécrétée par les glandes n'est pas identique suivant qu'elle provient des parotides, des sous-maxillaires ou des sublinguales. Elle est en général légèrement alcaline, contient peu de mucus proprement dit, mais de la *ptyaline*, matière albuminoïde spéciale qui agit comme ferment et transforme les substances amylacées en glucose. On y trouve beaucoup de cellules épithéliales aplaties de la muqueuse, quelques cellules cylindriques provenant des conduits excréteurs, des leucocytes doués de mouvements amiboïdes et des globules blancs ou *corpuscules salivaires* dont l'origine est mal établie. Parmi les sels minéraux qu'on y rencontre, il faut signaler, chez l'homme, le sulfocyanure de potassium.

Muqueuse linguale. — Cette muqueuse est remarquable par les papilles en nombre considérable qu'elle présente et qui sont de trois ordres ; les papilles *filiformes*, *fongiformes* et *caliciformes*.

Les papilles filiformes sont recouvertes d'un épithélium qui prend un très-grand développement, s'allonge et se divise en filaments pouvant atteindre jusqu'à 1^{mm},5 de longueur, formant ainsi comme un petit pinceau, ce qui donne à la surface supérieure de la langue un aspect velu ou *hirsuté*. Les cellules épithéliales qui recouvrent ces papilles sont aplaties, imbriquées et de consistance un peu cornée. Chaque papille renferme une anse vasculaire.

Les papilles fongiformes sont surtout nombreuses à la pointe dorsale de la langue ; elles sont rétrécies à la base, puis arrondies et recouvertes d'autres petites papilles coniques qui disparaissent sous la couche unie de l'épithélium qui les recouvre.

Les papilles caliciformes sont au nombre de 10 à 15, rangées sur deux lignes formant un V dont la pointe est à la base de la langue. Elles sont assez volumineuses, aplaties, circulaires et entourées, sur le bord de l'espèce de plateforme qui les couronne, d'un sillon profond formant une sorte de circonvallation. Leur surface est garnie

d'un grand nombre de très-petites papilles coniques qui sont masquées sous la couche épithéliale dont l'organe est revêtu ainsi que le sillon de circonvallation.

Enfin, on trouve en arrière de la face dorsale de la langue des follicules, tantôt réunis, tantôt isolés. Ils présentent une cavité infundibuliforme sous l'épithélium de laquelle on trouve les papilles du chorion, et, dans l'épaisseur de celui-ci, d'innombrables cellules glandulaires qui sont de petits follicules lymphatiques.

Muqueuse pharyngienne. — Le chorion de cette muqueuse revêt un aspect lymphoïde, et l'on y trouve les follicules que nous venons de décrire, mêlés à des glandes muqueuses en grappe. Les *tonsilles* ou *amygdales*, qui manquent chez beaucoup de rongeurs, ne sont qu'un amas plus ou moins considérable de ces follicules contenant des cellules lymphatiques. Il est possible que les corpuscules salivaires qu'on trouve ordinairement en grand nombre sur les amygdales, soient les cellules lymphatiques entraînées dans le produit de la sécrétion.

Muqueuse œsophagienne. — La muqueuse de l'œsophage, très-riche en vaisseaux sanguins et lymphatiques, ne présente rien de particulier, sauf les petites glandes muqueuses en grappe que nous connaissons, et des fibres cellules contractiles plus ou moins abondantes, dans son épaisseur.

Muqueuse stomacale. — Cette muqueuse n'est plus recouverte d'un épithélium stratifié, mais d'une seule couche de cellules cylindriques ou plutôt prismatiques, hautes de $0^{mm},022$ à $0^{mm},026$, sur $0^{mm},006$ à $0^{mm},009$ de large. La compression leur a donné la forme de prismes à 5 ou 6 pans. Leur surface libre est recouverte d'un plateau qui, sous l'action de l'eau et del 'acide acétique, se résout en petits bâtonnets (voir *épithéliums cylindriques*). En absorbant de l'eau elles se gonflent, s'arrondissent, et le protoplasma granuleux ainsi que le noyau sont refoulés d'un côté de la cellule. Lorsqu'elles sont réunies et que leur juxtaposition les empêche de prendre cette forme arrondie, l'eau qui les pénètre fait hernie à travers le plateau sur leur surface libre.

Le tissu conjonctif que recouvre cet épithélium est peu important,

rempli qu'il est de glandes en quantité innombrables. Il est formé de tissu fibreux et de fibres musculaires lisses entrecroisées.

La muqueuse stomacale est plissée, hérissée de villosités, dans les sillons desquelles s'ouvrent les follicules gastriques. Les villosités sont recouvertes par l'épithélium cylindrique, et les glandes sont de deux sortes : *glandes en tube* ou *follicules du sac gastrique*, et *glandes muqueuses*.

Les glandes en tube dont on trouve un millier sur une surface d'un millimètre carré ont en moyenne $1^{mm},2$ de longueur sur $0^{mm},05$ de largeur. Les tubes qui les composent sont presque remplis par les cellules glandulaires, arrondies ou angulaires, pourvues d'un noyau et d'un nucléole, ne laissant qu'un très-étroit pertuis dans l'axe des follicules qui s'ouvrent sur la surface de la muqueuse par un orifice arrondi et tapissé par l'épithélium. Quelquefois, aux environs du cardia, plusieurs tubes concourent dans un canal commun plus ou moins long.

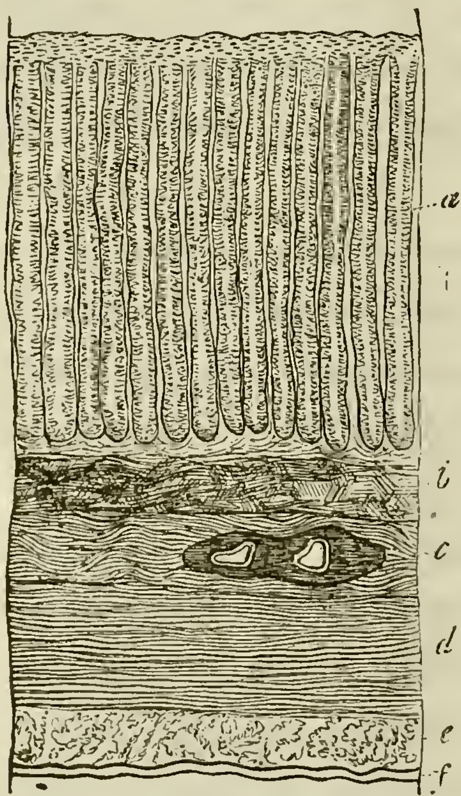


Fig. 68. — Coupe de la muqueuse stomacale du cochon (région pylorique).

a, glandes en tube (muqueuses) ; *b*, couche de fibres musculaires lisses ; *c*, *d*, tissu conjonctif sous-muqueux avec des vaisseaux coupés en travers, *c* ; *e*, fibres musculaires lisses ; *f*, tunique séreuse. (Grossissement 30 diam.).

Ce sont ces tubes qui secrètent la *pepsine*, ferment spécial auquel le suc gastrique doit, en grande partie, la propriété de dissoudre les matières albuminoïdes des aliments.

Les *glandes muqueuses* de l'estomac ne sont pas des glandes en grappe. Ce sont des tubes quelquefois isolés, souvent réunis dans un conduit commun qui ne renferment pas de cellules à pepsine, mais sont simplement tapissés d'un rang de cellules épithéliales prismatiques. On les trouve très-bien caractérisées dans l'estomac du cochon (fig. 68).

Le *suc gastrique* qui est sécrété par les follicules est un liquide acide, contenant environ 1 pour 100 de pepsine et de l'acide chlorhydrique libre dû sans doute à la décomposition des chlorures. Il renferme, en effet, des chlorures de sodium, de potassium, d'ammonium,

de calcium, des phosphates de chaux, de magnésie et de fer.

Muqueuse intestinale. — Dans l'intestin grêle, la muqueuse, plus mince, renferme une tunique musculaire lisse et du tissu conjonctif réticulé contenant un grand nombre d'éléments lymphatiques dans ses lacunes. Cette muqueuse forme à l'intérieur d'innombrables villosités et contient dans son épaisseur des glandes plus innombrables encore.

Les villosités sont beaucoup plus grandes que celles de l'estomac. Elles ont de 0mm,2 à 1mm,2 de hauteur. Krause en évalue le nombre à 4,000,000 dans l'intestin grêle ; l'épithélium qui les recouvre ainsi que toute la muqueuse, est formé d'une couche de cellules prismatiques munies d'un plateau, mêlées à d'autres cellules dites *caliciformes*. Ces dernières ont l'apparence d'une petite urne à bord très-mince, à corps transparent, à protoplasma accumulé, avec un noyau aplati, tout au fond du vase. Ce fond est prolongé en un appendice droit, plein de protaplasma, qui semble comme une queue de la cellule, laquelle ressemble ainsi beaucoup aux cellules à appendices que nous avons décrites dans les glandes salivaires. Quand on examine la surface de la muqueuse, les cellules caliciformes se révèlent par un cercle clair qui est l'orifice, et par un second cercle, enveloppant, qui marque la panse de la cellule. On peut les isoler et les étudier dans le picrocarminate d'ammoniaque.

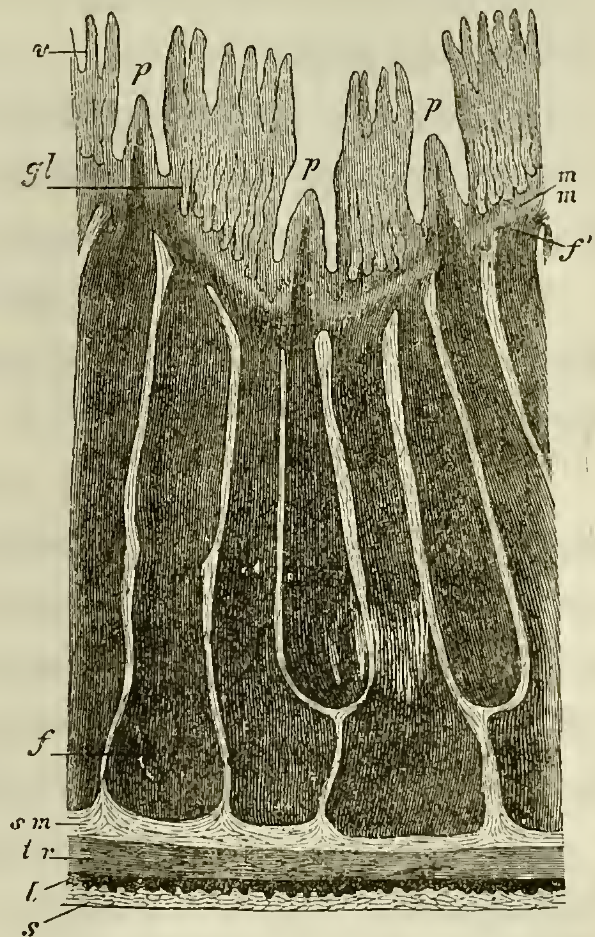


Fig. 69. — Coupe de la muqueuse de l'iléon du veau. (Grossissement 20 diam.)

v, villosité ; *p*, papilles dans lesquelles s'avance l'extrémité des follicules de Peyer, *f* ; *gl*, glande de Lieberkühn ; *m*, *m*, couche musculeuse supérieure ; *sm*, tissu conjonctif sous-muqueux ; *l*, *tr*, fibres musculaires longitudinales et transversales ; *s*, tunique séreuse.

Les villosités intestinales sont parcourues par des anses capillaires très-riches, au centre desquelles est le vaisseau lymphatique ou chylifère chargé de l'absorption.

Les glandes de l'intestin grêle sont les *glandes en grappe de Brünner*, et les *glandes en tube de Lieberkühn* (fig. 69).

Les premières n'existent que dans le duodénum, leur dimension varie de $0^{mm},2$ à 2 millimètres. Elles sont formées d'acini arrondis, pleins d'une matière visqueuse et de cellules à noyaux. Leurs conduits excréteurs, assez larges, aboutissent en se recourbant à la base des villosités.

Les glandes de Lieberkühn, beaucoup plus importantes, ressemblent beaucoup aux follicules gastriques, quoique les tubes en soient moins longs, de $0^{mm},2$ à $0^{mm},4$. Ces tubes, tapissés d'épithélinm cylindrique, contiennent des cellules anguleuses munies d'un noyau.

Quant aux organes lymphatiques de l'intestin grêle, ils sont isolés ou rassemblés, *agminés*, sous forme de plaques qu'on appelle *plaques de Peyer.*

Ces plaques sont composées de 5 à 50 ou 60 follicules. Ce sont des corpuscules arrondis, blanchâtres, dont le diamètre varie de $0^{mm},2$ à 1 millimètre et même 2 millimètres.

La charpente des plaques de Peyer est formée de tissu conjonctif reticulé, contenant d'innombrables cellules lymphatiques et des capillaires.

Dans le gros intestin, la muqueuse ne porte pas de villosités chez l'homme, mais chez certains animaux, le lapin, par exemple, elle est garnie, dans le premier quart de sa longueur, de papilles ressemblant à celles de l'estomac. Elle contient des glandes en tubes en aussi grande quantité que celle de l'intestin grêle. Les follicules lymphatiques y sont plus gros et isolés, dans le côlon.

Le *suc intestinal* est probablement sécrété par les glandes de Lieberkühn. C'est un liquide alcalin, abondant, qui dissout la fibrine, mais n'agit ni sur les matières amylacées, ni sur les corps gras. Ce rôle est réservé à la *bile* et au *suc pancréatique.*

Foie. — La bile est sécrétée par le *foie,* glande volumineuse et spéciale, dont les produits sont jetés dans l'intestin grêle par le *canal cholédoque.* Le foie est formé de lobules isolés et circonscrits par une trame d'un tissu conjonctif, divisé parfois en lames excessivement minces, contenant, d'une part, des traînées de cellules, et, de l'autre, le système vasculaire dû aux branches de la veine porte,

des veines sus-hépatiques et de l'artère hépatique (cette dernière n'intervenant à peu près que pour la nutrition de l'organe). Les cellules hépatiques ressemblent aux cellules des glandes de l'estomac. Elles sont anguleuses, irrégulières, contenant un, quelquefois deux noyaux, et de fins nucléoles. Ces cellules sont très-souvent plus ou moins gorgées de graisse, au point de ne plus laisser apercevoir le noyau.

Entre les lobules hépatiques, à côté des rameaux de la veine porte, circulent les *canaux biliaires* qui se subdivisent en formant un réseau capillaire excessivement délicat, et dont les mailles enveloppent chaque cellule biliaire. La membrane propre de ces remarquables capillaires n'a pu encore être isolée, cependant son existence est presque certaine.

Les canaux biliaires inter-lobulaires sont formés d'une membrane homogène, tapissée d'un épithélium à petites cellules, mais la paroi de la vésicule biliaire contient des couches alternatives de fibres conjonctives et de faisceaux musculaires lisses ; la muqueuse en est plissée, recouverte d'un épithélium cylindrique à plateau.

Les vaisseaux lymphatiques accompagnent les vaisseaux sanguins dans le parenchyme du foie et forment des plexus compliqués autour de ceux-ci.

La *bile* est un produit dont l'étude chimique est importante, mais que nous ne pouvons traiter ici. C'est un liquide alcalin, jaunâtre, brun ou vert, d'une saveur amère, contenant deux matières colorantes, l'une rouge, la *bilirubine*, que l'on peut trouver cristallisée dans les cellules hépatiques, et l'autre verte, la *biliverdine;* des *acides glycocholiques* et *taurocholique* combinés avec la soude, de la *cholestérine*, des sels alcalins et terreux. On y a même signalé la présence du fer, du manganèse et du cuivre.

La bile a la propriété de saturer les acides gras libres, d'émulsionner les corps gras neutres, pour favoriser leur passage dans les chylifères.

Pancréas. — Le pancréas est une glande analogue aux glandes salivaires, à culs-de-sac arrondis, tapissés de cellules glandulaires qui sécrètent un ferment analogue à la ptyaline, la *pancréatine*. On a découvert récemment que les cellules glandulaires du pancréas

sont entourées d'un fin réseau capillaire, analogue à celui que forment les canaux biliaires autour des cellules hépatiques.

Le *suc pancréatique* est un liquide fort complexe dont l'action paraît s'exercer sur toutes les substances qui forment les aliments. C'est ainsi qu'il transforme l'amidon en sucre, comme la salive (aussi l'a-t-on désigné sous le nom de *salive intestinale*), qu'il dissout les matières albuminoïdes, comme le suc gastrique, et émulsionne les corps gras, comme la bile.

Préparation. — On peut étudier les muqueuses du canal digestif, et, en général, toutes les muqueuses, à l'état frais, en faisant avec des ciseaux courbes des coupes minces à la surface interne de l'intestin, de l'estomac, etc., et en les examinant dans du sérum; on peut isoler ou dissocier les follicules après avoir fait macérer les lambeaux de muqueuses dans l'acide acétique étendu. On les étudie dans la glycérine.

Mais l'un des meilleurs moyens consiste à faire durcir dans l'alcool les muqueuses fraîches, et ayant encore leurs vaisseaux pleins de sang, ou après les avoir injectées. On pratique des coupes minces, longitudinales et transversales. que l'on étudie dans la glycérine teintée de carmin ou dans l'eau acidulée d'acide acétique. Le bichromate de potasse, le liquide de Müller peuvent aussi être employés comme durcissants, ainsi que le picro-carminate d'ammoniaque. On rend la transparence aux coupes avec l'eau glycérinée ou acidulée.

La conservation de ces préparations est difficile. Cependant, on peut employer dans ce but la glycérine ou le liquide de Pacini. Les coupes injectées se conservent bien dans le baume du Canada.

II. — Muqueuse respiratoire.

L'appareil respiratoire se compose des fosses nasales, du larynx, de la trachée, des bronches et des poumons. La muqueuse qui recouvre ces organes, à l'exception de la membrane olfactive qui tapisse la partie supérieure des fosses nasales, est caractérisée par un épithélium vibratile stratifié, dont les cellules profondes

sont plus ou moins arrondies ou polyédriques, et les cellules supérieures cylindriques ou plutôt coniques, très-longues, car elles atteignent jusqu'à $0^{mm},067$. Celles-ci sont munies de cils vibratiles qui semblent traverser le plateau assez mince dont est recouverte leur surface libre.

Cette muqueuse, qui commence au niveau du cartilage latéral du nez (*membrane de Schneider*), se continue jusque dans les plus fines ramifications bronchiques. Toutefois, les cordes vocales ne sont recouvertes que d'un épithélium pavimenteux stratifié.

Le chorion de tissu conjonctif, situé sous l'épithélium, est très-mince dans les sinus frontaux, ethmoïdaux et maxillaires ; il contient peu de vaisseaux et peu de glandes muqueuses. Dans les fosses nasales, au contraire, il est épais, contient beaucoup de glandes en grappe et un réseau vasculaire très-développé, presque jusqu'au contact de l'épithélium, ce qui explique la fréquence et la facilité des hémorrhagies nasales.

Dans le larynx et la trachée, les cellules à cils vibratiles ont de $0^{mm},033$ à $0^{mm},045$ de longueur, leur extrémité inférieure très-pointue s'insinue entre les cellules polyédriques ou arrondies des rangs inférieurs. Le chorion est très-riche en fibres élastiques et en glandes en grappe, mais dépourvu de papilles. La paroi de la trachée renferme une couche musculaire lisse et des anneaux de cartilage hyalin. Les vaisseaux sanguins et lymphatiques sont abondants.

A mesure que les bronches se ramifient, l'épithélium vibratile qui les tapisse diminue d'épaisseur ; il ne se compose bientôt plus que d'une seule couche qui finit par devenir un épithélium pavimenteux simple.

Poumons. — Le poumon, au premier abord, ressemble à une glande en grappe, dont les acini seraient les vésicules pulmonaires, les bronches les conduits excréteurs.

A mesure que les bronches se ramifient, les demi-anneaux cartilagineux qu'elles contiennent, dans l'épaisseur de leur paroi, deviennent de petites plaques de plus en plus fines, qui finissent par disparaître. Les dernières ramifications bronchiques n'ont plus que $0^{mm},1$ de diamètre, et aboutissent aux *lobules primitifs* ou *infundi-*

bula du poumon ; ces lobules sont creusés d'un nombre considérable d'alvéoles débouchant dans la ramification bronchique qui occupe le centre du lobule. Le diamètre de ces vésicules (dites *cellules de Malpighi*) varie entre $0^{mm},11$ et $0^{mm},24$. Elles sont très-extensibles, ce qui leur permet de prendre un bien plus grand développement pendant l'inspiration que pendant l'expiration.

Ces vésicules sont séparées par de très-minces cloisons de tissu conjonctif, que l'on peut aussi bien considérer comme le chorion atténué de la muqueuse que comme la charpente conjonctive du poumon, charpente qui règne entre les lobes et les lobules, ou enfin comme la fusion de ces deux éléments.

Dans l'épaisseur de cette charpente, pénètrent, avec les bronches, les ramifications de l'artère pulmonaire qui viennent former, à la surface des vésicules, un réseau encadrant, pour ainsi dire, chaque vésicule ; lequel réseau fournit, sur la paroi même de la vésicule, un très-fin système capillaire, dont les vaisseaux sinueux font saillie dans l'intérieur des vésicules, lorsque celles-ci ne sont pas gonflées, et se redressent en s'allongeant quand les vésicules sont distendues. C'est dans ce réseau capillaire que prennent naissance les filets des veines pulmonaires. Ceux-ci cheminent d'abord dans les cloisons inter-vésiculaires, puis se réunissent en troncs plus importants qui suivent avec ceux de l'artère, avec les nerfs et les lymphatiques, les ramifications des bronches.

L'existence d'un épithélium à la surface de la muqueuse des vésicules a été longtemps contestée. On peut facilement en reconnaître la présence à l'aide de l'imprégnation par le nitrate d'argent. On observe alors que ces cellules sont disposées à la surface interne de la vésicule, de manière à la recouvrir entièrement. Les unes, placées dans l'intervalle des mailles du réseau capillaire, forment des espèces d'îlots composés de cellules polyédriques à noyau, les autres, au contraire, placées sur les capillaires mêmes sont aplaties, comme membraneuses et dépourvues de noyaux. Y a-t-il là réellement deux espèces de cellules, ou bien les cellules construites toutes sur le même type sont-elles munies de noyaux excentriques qui se trouvent orientés de manière à se trouver sur les mailles du réseau capillaire? La question est encore pendante.

Préparation. — On peut étudier le tissu conjonctif et les alvéoles pulmonaires en pratiquant des coupes avec les ciseaux courbes dans le poumon frais et surtout si, la préparation étant sous l'objectif et au point, on fait pénétrer un peu d'acide acétique ou de potasse entre les deux verres.

Sur des coupes de poumon insufflé et desséché, après la suture de la trachée, on peut aussi étudier les alvéoles, les capillaires, les ramifications bronchiques, en rendant la transparence aux tissus par l'eau glycérinée ou acidulée.

L'épithélium pulmonaire s'observe plus facilement sur les jeunes mammifères que sur l'homme, et mieux encore sur la grenouille, dont les vésicules pulmonaires sont plus grandes, bien que le dessin des cellules épithéliales y soit peut-être moins net. On injecte dans la trachée une solution de 0gr,5 de nitrate d'argent dans 100 gram. d'eau. Quand les poumons sont bien distendus, on lie la trachée et on expose les organes à la lumière solaire pendant quelques minutes. L'imprégnation produite, on ouvre les poumons et on les lave dans l'eau distillée. Il suffit alors d'en couper des parties avec les ciseaux et de les examiner dans la glycérine. Il est préférable de colorer les coupes dans le picrocarminate d'ammoniaque avant de les étudier (Ranvier).

Ces préparations se conservent bien dans la glycérine additionnée par moitié de son poids d'une solution saturée d'acide oxalique. Il faut les étudier sous un grossissement réel de 500 diamètres, et particulièrement avec des objectifs d'un grand pouvoir résolvant, 1/10 de p. de Beck, 1/8, 1/12 de Powell, etc., etc.

L'observation du réseau des capillaires pulmonaires se fait bien par le procédé suivant (Villemin) : On choisit un poumon rose ou rouge, dont les vaisseaux contiennent encore du sang, ce qu'on obtient en ne l'enlevant qu'assez longtemps après la mort, lorsque le sang est coagulé. On l'insuffle et on le fait sécher. On pratique au rasoir des coupes minces dans l'organe et on les dépose sur le porte-objet dans une goutte d'une liqueur contenant 0gr,2 de bichlorure de mercure sur 100 gram. d'eau distillée. Aussitôt, on fait écouler le liquide qui a coagulé le contenu des vaisseaux, mais l'a rétracté ; on ajoute immédiatement une goutte d'une eau

alcaline contenant 4 gouttes d'ammoniaque pour 100 gram. d'eau, laquelle dilate le coagulum et l'étend dans tout le réseau. Immédiatement encore, on égoutte le liquide et on le remplace par une goutte d'eau iodée qui colore le coagulum, et qu'on ne laisse agir que quelques instants, parce qu'elle rétracte aussi les tissus. Le succès de l'opération dépend de la rapidité avec laquelle on a employé les trois réactifs. On a d'ailleurs soin que la pièce reste bien étalée sur le porte-objet. On peut alors observer le réseau capillaire dans toute son élégance, avec un grossissement de 3 à 500 diamètres.

Dans les poumons de grenouille, on voit les globules sanguins bien nettement arrêtés dans les capillaires. On peut observer aussi les branchies des poissons en les durcissant dans l'alcool, le bichromate de potasse ou le liquide de Müller, après qu'on vient d'asphyxier les animaux et que les vaisseaux sont encore pleins de sang.

Quant à l'épithélium vibratile de la trachée ou des fosses nasales, on peut encore en observer les mouvements plusieurs heures après la mort de l'animal, en enlevant cet épithélium à la surface de la muqueuse, avec des ciseaux courbes et en l'examinant dans une sérosité.

Il est facile d'ailleurs d'observer sur soi-même les cellules vibratiles, mais à l'état mort et privées de mouvement, en raclant profondément la surface de la muqueuse nasale avec un tuyau de plume taillé en cuiller, un cure-dent, et en examinant la goutte de liquide que l'on rapporte ainsi. On trouve ordinairement ces cellules en abondance dans le mucus du coryza commençant. Mais le procédé le plus simple consiste à couper avec des ciseaux le bord très-fin du manteau d'une huître, ou mieux encore d'une coque (*cardium edule*) qu'on trouve sur tous les marchés, et de l'examiner dans une goutte du liquide contenu dans la coquille, sous un grossissement de 3 à 500 diamètres (n°s 3,5 Nach.; 5, 7, H. et Prazm. ; 6, 8 Vér. ; C, D, DD, E. Zeiss ; 1/5 p., 1/6, 1/8 Swift).

III. — Muqueuse urinaire.

L'appareil urinaire comprend les *reins*, glandes qui séparent du sang les éléments de l'urine, les *uretères*, la *vessie* et l'*urèthre*.

Reins. — Les reins sont des glandes dont la forme rappelle celle du haricot et qui sont composés de deux substances, la *substance médullaire* située au centre de l'organe et la *substance corticale* placée à la périphérie. La glande est entourée d'une membrane fine mais résistante de tissu conjonctif.

L'anatomie des deux substances qui constituent le rein est très-compliquée, mais au point de vue histologique, nous pouvons dire que celles-ci sont formées par de longs tubes appelés *canaux urinifères* dont la disposition varie dans chacune d'elles et qui, dans la substance médullaire, marchent presque parallèlement tout en fournissant des ramifications très-peu divergentes. Ces tubes sont associés en masses coniques appelées *pyramides*, séparées par la trame du tissu conjonctif, dont la base est située à la limite de la substance corticale et le sommet vers les *bassinets* d'où naissent les *uretères*. Ces tubes partent de la substance corticale où ils commencent en cul-de-sac, s'élargissent en capsules (*capsules de Müller*) autour des glomérules artériels (*glomérules* ou *corpuscules de Malpighi*), font dans la substance corticale de nombreuses circonvolutions qui leur ont fait donner le nom de *canalicules contournés* (ou *de Ferrein*), puis descendent dans la substance médullaire en se dirigeant en ligne droite, forment une anse à quelque distance du sommet des pyramides ou *papilles*, remontent en ligne droite parallèlement à leur branche descendante. Ces branches ascendantes augmentent considérablement de diamètre, se contournent encore dans la substance corticale, s'y réunissent à d'autres canaux semblables et redescendent, sous le nom de *canaux collecteurs*, pour former les canalicules droits de la substance médullaire, lesquels finissent par constituer un canal unique qui s'ouvre à la pointe de la pyramide.

Ajoutons que la substance corticale est aussi divisée en des

espèces de travées qui paraissent y continuer les pyramides de la substance médullaire, travées qui sont limitées, quoique incomplétement, par des séries de canaux collecteurs ou autres, associés, et qui descendent tout droit à travers la substance, perpendiculairement à la surface de l'organe, jusque dans le voisinage de la zone médullaire.

Ainsi, on peut admettre que le sang amené par les ramifications artérielles dans les glomérules, petits organes formés par des circonvolutions de ces mêmes artères, au centre des *capsules de Müller*, y subit une sorte de filtration dont le produit, l'urine, passe de la capsule dans les canalicules contournés, puis dans les canalicules en anses (*canalicules de Henle*), enfin dans les collecteurs.

L'épithélium qui tapisse ces canaux n'a pas le même aspect dans les différentes parties de leur parcours. Dans les tubes contournés de la substance corticale, dans la partie large (ascendante) des tubes de Henle, il est formé de cellules granuleuses, épaisses, anguleuses comme les cellules glandulaires, dans les branches descendantes des tubes de Henle, il est constitué par de petites cellules nettement définies, claires, pavimenteuses et aplaties, enfin, dans les tubes droits de la substance médullaire (*canaux de Bellini*) les cellules sont volumineuses et cylindriques.

Les capsules de Müller sont sphériques ; elles ont de $0^{mm},13$ à $0^{mm},2$ de diamètre. Il est probable que la membrane du canalicule urinifère, s'élargissant au niveau du glomérule, s'infléchit autour de lui et l'enveloppe comme la plèvre enveloppe le poumon.

Le système vasculaire du rein est aussi très-compliqué. Les vaisseaux sanguins entrent par le hile, se divisent et pénètrent entre les pyramides ; les artères forment des anses et les veines des anastomoses. Des rameaux artériels se détachent des ramuscules qui pénètrent dans les capsules, s'y pelotonnent pour former les glomérules et s'y divisent en vaisseaux capillaires. Ceux-ci se réunissent de nouveau en un tronc commun qui sort de la capsule (vaisseau efférent). Ce vaisseau se divise enfin en capillaires qui enveloppent les canaux urinifères.

Voies urinaires. — Au sortir des papilles, l'urine formée est reçue par les *calices*, les *bassinets* où elle est prise par les uretères

et conduite à la vessie. Ces organes sont formés par une membrane de tissu conjonctif doublée d'une couche de fibres musculaires lisses, puis par une muqueuse recouverte d'un épithélium stratifié à la surface duquel on voit un premier rang de grandes cellules présentant à sa face inférieure des dépressions dans lesquelles se logent les extrémités arrondies des cellules cylindriques du second rang ; la troisième couche est composée de cellules irrégulières, cylindriques et fusiformes reposant sur une dernière couche de petites cellules cylindriques.

Quelques-unes des cellules du premier rang mesurent jusqu'à $0^{mm},045$ de diamètre, et celle des rangs inférieurs peuvent présenter les formes les plus bizarres, des angles, des dépressions et même des bifurcations et des prolongements.

La muqueuse de l'urèthre, chez l'homme, est recouverte d'un épithélium stratifié dont les cellules superficielles sont cylindriques, les autres oblongues et arrondies. Chez la femme, cette muqueuse est plissée longitudinalement et présente des papilles ainsi que des glandes muqueuses simples et composées.

Urine. — L'étude microscopique de l'urine normale et pathologique est excessivement important et peut faire le sujet d'un volume tout entier, nous allons donner les éléments principaux de l'histoire microscopique de l'urine normale, renvoyant, pour les détails et l'étude de l'urine pathologique, aux ouvrages spéciaux.

On sait que l'urine normale de l'homme, au moment de son émission, est un liquide transparent, jaunâtre, à odeur spéciale, à saveur amère et à réaction acide.

Elle est constituée par de l'eau tenant en suspension du mucus, des cellules épithéliales et des corpuscules muqueux, provenant des muqueuses des voies urinaires. Elle tient en dissolution un grand nombre de matières organiques et de sels minéraux dont la nature et les quantités sont très-variables et dépendent du régime alimentaire et des conditions physiologiques du sujet.

Parmi les matières organiques, l'*urée*, produit de destruction des matières albuminoïdes des tissus ou des aliments, joue l'un des principaux rôles. Elle s'y trouve en proportion de 2 à 3 pour 100. L'*acide urique* n'y existe ordinairement qu'en proportion de 0,1 pour 100.

mais cette quantité peut augmenter beaucoup dans certaines maladies ; l'acide *hippurique*, très-abondant dans l'urine des animaux herbivores, existe aussi dans celle de l'homme, ainsi que la *créatine*, la *créatinine*, la *sarcine*, l'*hypoxanthine* et des matières colorantes.

Parmi les matières minérales on trouve le chlorure de sodium (1 à 15 pour 100), des chlorures de potassium et d'ammonium, des phosphates de soude, d'ammoniaque et de magnésie, et des sulfates alcalins. L'oxalate de chaux est sans doute aussi un produit normal.

Quant aux substances que peut renfermer l'urine pathologique, ce sont : l'albumine, le glucose, les éléments de la bile, la cystine, la tyrosine, etc., etc. On remarque aussi l'augmentation ou la diminution, dans beaucoup de maladies, de tels ou tels matériaux de l'urine normale.

Au moment de son émission, l'urine normale ne présente à l'examen microscopique que des débris épithéliaux, quelques leucocytes et du mucus. Mais bientôt, par le refroidissement et l'évaporation, il s'y forme des nuages et des dépôts. Pour l'étudier, il convient de la placer dans un vase conique, un verre à expériences, afin que les sédiments, en se déposant, forment une couche plus épaisse dans laquelle on peut puiser avec une pipette.

Le mucus, qui existe en petite quantité, est formé de nuages difficilement visibles. Très-gonflée , la mucine ne prend qu'à peine sous l'action de l'acide acétique l'aspect strié qui la caractérise.

Cependant, elle se dépose souvent en filaments provenant du mucus qui s'est arrêté et concrété dans les replis de la muqueuse uréthrale.

Le refroidissement détermine souvent aussi le dépôt de cristaux d'acide urique et d'urates. L'acide urique, qui est peu soluble, se dépose sous forme de plaques rhomboïdales (fig. 70), ou d'aiguilles prismatiques agglomérées. Ces paillettes sont ordinairement colorées en jaune ou en rose par la matière colorante de l'urine. On peut les caractériser en les chauffant sur le porte-objet avec un peu d'acide nitrique jusqu'à siccité, et ajoutant une goutte d'am-

moniaque qui développe la belle coloration pourpre du purpurate d'ammoniaque ou *muxéride*.

L'urate de soude se dépose en masses étoilées, l'urate d'ammoniaque en amas hérissés d'aiguilles. On peut caractériser l'acide

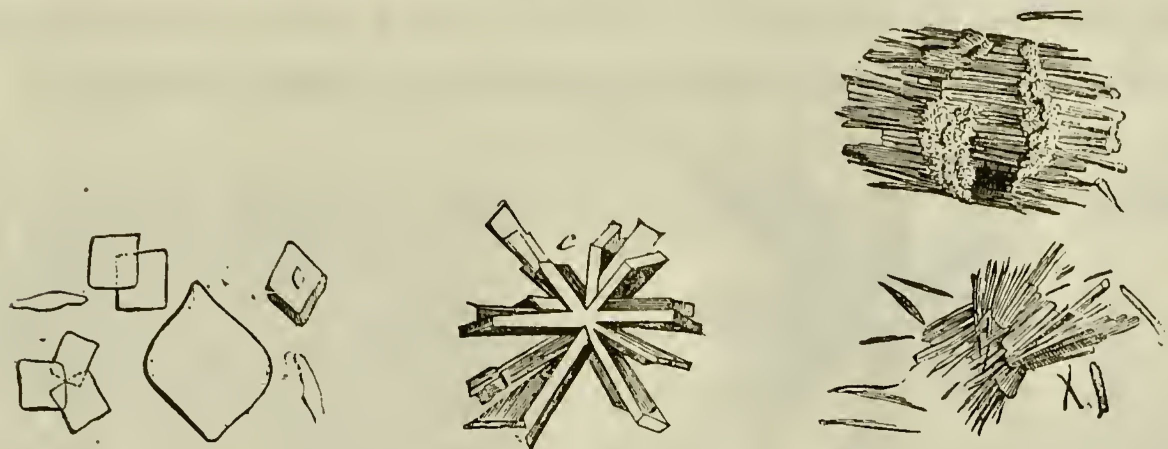


Fig. 70. — Cristaux d'acide urique en tablettes rhomboïdales et en groupes rayonnants, déposés naturellement, et en amas d'aiguilles après l'action de l'acide chlorhydrique.

urique en faisant glisser sous la lamelle une goutte d'acide acétique qui met l'acide urique en liberté, et celui-ci ne tarde pas à cristalliser (fig. 70).

Après avoir subi une première fermentation acide, qui développe des acides lactique et butyrique, l'urine ne tarde pas à devenir alcaline en subissant une nouvelle décomposition par suite du dédoublement de l'urée en ammoniaque et en acide carbonique. Le phosphate de magnésie se précipite alors à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien qui, s'il se dépose lentement, affecte la forme de longs prismes *en tombeaux*, et s'il est précipité brusquement, par l'addition d'ammoniaque, affecte l'aspect d'aiguilles groupées en fines arborescences (fig. 71).

Les hippurates se forment dans l'urine après l'ingestion des fruits ou de certaines substances végétales. Ils se déposent quelquefois spontanément, mais on peut déplacer l'acide hippurique en traitant un peu d'urine par l'acide chlorhydrique. Au bout de quelques heures, l'acide hippurique se dépose en prismes à quatre pans terminés en biseau.

Les oxalates, et particulièrement l'oxalate de chaux, abondants surtout après l'ingestion de végétaux acides, oseille, rhubarbe, tomate, etc., etc., se déposent quelquefois par le refroidissement. L'oxalate de chaux se présente en paillettes octaédriques ayant

l'aspect d'une *enveloppe de lettre*, ou en cristaux *en sablier* (fig. 72). Les cristaux cubiques de chlorure de sodium, certains prismes courts de phosphate ammoniaco-magnésien pourraient, dans certains cas, être confondus avec les octaèdres réguliers, cristaux à base carrée, de l'oxalate de chaux, mais l'acide acétique dissout les premiers et laisse intacts les cristaux d'oxalate calcaire.

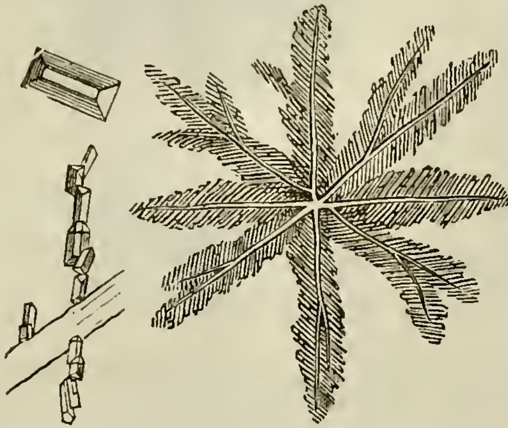


Fig. 71. — Cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien.

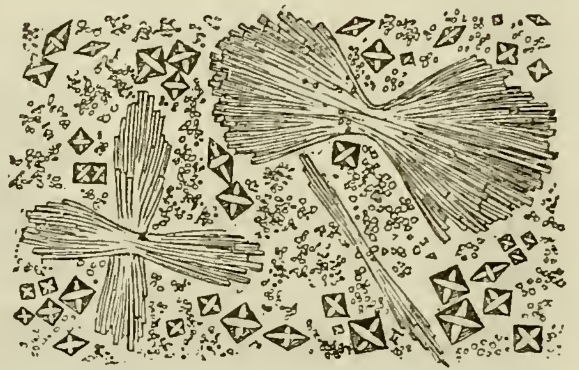


Fig. 72. — Sédiment composé de cristaux d'acide urique, d'oxalate de chaux et d'urate de soude.

L'oxalate de chaux peut s'accompagner d'urée en assez grande quantité pour que l'acide azotique détermine dans l'urine un abondant précipité blanc résolu par le microscope en tablettes rhomboïdales qui se recouvrent et s'imbriquent. C'est le nitrate d'urée.

La *cystine*, enfin, se dépose quelquefois dans les sédiments ; elle forme alors des paillettes hexagonales semblables à des carreaux de dallage.

Préparation. — Les muqueuses de l'appareil urinaire se préparent comme celles du tube digestif. Quant au tissu du rein, on l'observe sur l'organe frais qu'on dissocie à la loupe sur des coupes minces, ou après macération dans l'acide chlorhydrique dilué ; puis en pratiquant des coupes fines, au rasoir, sur des reins injectés ou non, après durcissement dans l'acide chromique. Il faut diviser le rein pour en faciliter le durcissement qui dure deux ou trois semaines.

Les préparations fraîches se conservent assez longtemps dans le liquide de Pacini, et celles qui sont durcies se montent dans le baume du Canada.

Quant aux sédiments urinaires, nous avons indiqué comment on les recueille ; on les prépare à sec dans les baumes ou dans les différents liquides qui ne les dissolvent pas, après les avoir lavés avec soin.

IV. — Muqueuse des organes génitaux.

Organes mâles.

L'appareil génital mâle se compose essentiellement des *testicules*, des *conduits éjaculateurs*, de la *prostate*, des *glandes de Cowper* et des *vésicules séminales*, organes auxquels il faut joindre l'appareil de la copulation.

Testicule. — Le testicule est une glande recouverte d'abord par une membrane fibreuse, épaisse et blanchâtre, la *tunique albuginée*, puis par une enveloppe séreuse, la *tunique vaginale propre* dont le feuillet interne est soudé avec la tunique albuginée ; plus extérieurement encore, par la *tunique vaginale commune*, séparée de la précédente par une couche de fibres musculaires lisses et qui entoure à la fois le testicule et le cordon spermatique. Enfin, on trouve les fibres du muscle *crémaster*, le *dartos* et la peau.

La tunique la plus interne, albuginée, envoie des prolongements ou des cloisons de tissu conjonctif dans l'épaisseur de la glande et la divise ainsi en lobules ; les lobules eux-mêmes sont constitués par des tubes très-contournés qu'on appelle *canaux séminifères* ou *spermatiques*. Ces canalicules sont très-longs, mesurent environ $0^{mm},12$ de diamètre, forment des circonvolutions et des anses, puis se terminent en culs-de-sac.

A la pointe de chacun de ces lobules, un peu coniques, les canaux, après s'être anastomosés, se réunissent en un canal plus large, de $0^{mm},2$ à $0^{mm},3$ de diamètre (*canal séminifère droit*) et pénètrent dans une masse compacte et conique dont la base s'unit à la tunique albuginée, masse qu'on appelle *corps d'Highmore*. Les canaux séminifères droits s'anastomosent entre eux pour former le *rete vasculosum* d'où naissent les *vaisseaux efférents*, au nombre de 12 à 16 environ, plus larges encore et qui perforent la tunique albuginée. Ils deviennent alors plus grêles, se contournent, forment des lobes coniques (*coni vasculosi*), qui constituent la *tête de l'épididyme*. Enfin ils se réunissent encore en un canal de $0^{mm},2$ à $0^{mm},4$ de diamètre qui se pelotonne sur lui-même et forme une masse

oblongue appelée *corps de l'épididyme*. C'est ce canal qui, se dégageant de l'épididyme, avec un diamètre de près de 2 millimètres, constitue le *canal déférent* par lequel s'écoule le *sperme*.

L'étude histologique de ces éléments nous apprend que les tubes séminifères sont remplis de cellules arrondies ou polyédriques, dont les plus profondes ont l'aspect d'un épithélium, tandis que celles de l'axe, plus volumineuses, souvent infiltrées de graisse, se détruisent en donnant issue à un liquide lactescent ou à des *spermatozoïdes*. Les tubes sont d'ailleurs formés par une membrane propre, recouverts d'une seconde membrane fibreuse qui dans le *rete vasculosum* se soude momentanément avec la substance du corps d'Highmore. Au sortir de cet organe, la paroi des canaux se double d'une couche musculaire lisse et, dans le corps de l'épididyme et dans le canal déférent, de deux autres couches de fibres-cellules. La surface intérieure de l'épididyme est revêtue d'un épithélium à larges cils vibratiles.

Les vaisseaux sanguins pénètrent dans la glande par sa surface et par le corps d'Highmore, se ramifient dans les cloisons et enveloppent le système des tubes d'un réseau capillaire large. Les vaisseaux lymphatiques courent dans le tissu conjonctif de la charpente et fournissent un réseau vasculaire compliqué.

L'anatomie révèle encore dans cet appareil la présence de divers organes accessoires, les *hydatides de Morgagni*, le *corps innominé de Giraldès* et le *vas aberrans de Haller*.

Les canaux déférents dont la paroi est épaisse, formée d'une membrane conjonctive, puis d'une tunique musculaire à triple couche (la première et la troisième à fibres longitudinales, la seconde à fibres transversales), sont tapissés d'un épithélium cylindrique. Vers leur extrémité inférieure, ils se dilatent en une ampoule (*ampoule de Henle*) dans laquelle la muqueuse forme des plis et des excavations, s'épaissit en logeant des glandes en tube. A ce niveau, ils reçoivent des prolongements en culs-de-sac, ou diverticules, au nombre desquels on peut compter les *vésicules séminales* qui emmagasinent le sperme et sécrètent elles-mêmes, grâce aux petites glandes logées dans leur muqueuse, un liquide très-abondant qui se mêle au sperme. Ce liquide, grisâtre ou brunâtre, renferme

des gouttelettes d'une matière grasse d'un jaune brun. Le petit appendice, *vas aberrans*, que reçoit le canal, sécrète aussi un liquide de couleur foncée. C'est à la présence de ces deux liquides dans le sperme que celui-ci doit la couleur brunâtre qu'on lui trouve souvent.

Les *conduits éjaculateurs* qui succèdent aux vésicules séminales ont la même texture que les canaux déférents. Ils diminuent de volume en entrant dans une autre glande importante, la *prostate*.

Prostate. — Cet organe est une glande en grappe en rapport avec les sphincters de la vessie. Recouverte par une première enveloppe conjonctive, puis par une autre composée de fibres musculaires lisses, cette glande est divisée en un grand nombre de masses par des cloisons provenant de la dernière membrane enveloppante. Les glandules ainsi limitées contiennent des cellules pyriformes de $0^{mm},1$ à $0^{mm},2$ de diamètre, et possèdent des conduits excréteurs, tapissés d'épithélium cylindrique, qui versent directement dans l'urèthre le produit de la sécrétion ou *liqueur prostatique*.

La liqueur prostatique est d'un blanc crémeux. En se mêlant au sperme pendant l'éjaculation, elle lui rend son aspect lactescent. Cette sécrétion est peu abondante et assez lente, de sorte que le sperme éjaculé après des coïts rapprochés présente une couleur plus foncée qu'au premier coït, parce que le liquide prostatique manque pour masquer la coloration apportée par la sécrétion des vésicules séminales.

La prostate est enfin creusée, dans sa masse glandulaire, d'une *utricule* longue de 3 à 4 millimètres qui correspond à l'utérus chez la femme. C'est l'*utérus mâle*. Il débouche dans l'urèthre entre les orifices des deux conduits éjaculateurs, au sommet du *veru montanum*. L'utricule prostatique est revêtue d'un épithélium vibratile.

Les *glandes de Cowper* annexées à la partie membraneuse de l'urèthre et qui sont analogues aux glandes salivaires, à vésicules tapissées d'un épithélium pavimenteux, sécrètent un véritable mucus qui donne au sperme sa consistance gélatineuse. Enfin les petites *glandes de Littre*, disséminées le long du canal de l'urèthre, produisent un mucus semblable.

Sperme. — Le sperme éjaculé est donc, comme on le voit, un mélange de plusieurs liquides et diffère essentiellement de celui qu'on peut recueillir dans le testicule, ou plutôt dans l'épididyme où naissent plus particulièrement les *spermatozoïdes*.

Tout le monde sait que le sperme de tous les animaux présente à l'examen microscopique une innombrable quantité de corpuscules animés auxquels ce liquide doit sa propriété fécondante.

Ces corpuscules se forment aux dépens du noyau des cellules qui composent l'épithélium des canalicules séminifères, noyaux qui souvent se multiplient dans chaque cellule. Le noyau s'allonge, s'aplatit, une partie en devient plus foncée, l'autre plus claire. Sur cette dernière s'organise un filament, tandis que le noyau prend la forme de la tête du zoosperme.

Lorsque la cellule renferme plusieurs noyaux, elle donne naissance à autant de spermatozoïdes qui sont orientés de la même manière dans la vésicule, les têtes tournées du même côté et les queues du côté opposé.

La forme et la taille de ces corpuscules animés sont très-variables suivant les espèces animales et, chez le même animal, suivant les époques. Ils présentent ordinairement un développement plus complet au moment du rut.

Une partie des vésicules à spermatozoïdes crève déjà dans le testicule, mais le plus grand nombre ne se résout que dans l'épididyme. Le sperme renferme donc, outre les animalcules, des débris de cellules et de plus des cellules épithéliales entières, du mucus provenant des diverses glandes de l'appareil génital, quelques leucocytes et même souvent des globules rouges du sang.

Lorsqu'on examine au microscope du sperme d'homme adulte, fraîchement éjaculé, on y voit se mouvoir en grande quantité les spermatozoïdes formés d'une tête pyriforme, à pointe dirigée en avant, et d'une queue un peu renflée dans sa partie antérieure, mais rétrécie à son insertion sur la tête comme pour former un cou. De profil, on voit que la tête est aplatie. On constate facilement que leurs mouvements ne paraissent pas avoir de spontanéité. Leur marche ne s'accélère pas et ne se ralentit pas ; ils n'évitent pas les obstacles. Ce mouvement ondulatoire de la queue qui détermine la

progression a l'analogie la plus frappante avec celui des cils vibratiles; il est énergique, car il déplace les débris de cellules et autres corpuscules qui peuvent se trouver sur le chemin des spermatozoïdes à qui il communique une vitesse évaluée à 4 millimètres par minute dans un milieu visqueux et dense.

Les spermatozoïdes, qui ont été découverts par L. de Hamman, en 1677, ont une longueur moyenne de $0^{mm},050$; dans le sperme éjaculé, ils conservent fort longtemps leur mouvement, quelquefois même pendant 24 heures, chez l'homme et les mammifères, si l'on empêche l'évaporation du liquide. Chez les reptiles amphibies, le mouvement dure encore plus longtemps, mais il a quelquefois cessé en 15 à 20 minutes chez les oiseaux. L'addition de l'eau, qui exagère d'abord le mouvement, le ralentit bientôt, puis l'arrête. Les acides minéraux, les sels métalliques, l'éther, l'alcool, etc., etc., arrêtent aussi les mouvements, tandis que les sérosités les conservent. L'urine arrête immédiatement les mouvements, la salive produit ordinairement le même effet que l'eau. Ajoutons que lorsque les spermatozoïdes ont été arrêtés par l'eau ou même par la salive, ils ont pour la plupart la queue recourbée par-dessus la tête, mais quand on y ajoute des solutions saturées d'albumine, de chlorure de sodium ou de sucre, ils reprennent les mouvements interrompus.

Les alcalis qui augmentent les oscillations des cils dans les cellules vibratiles agissent de même sur les spermatozoïdes.

Ces corpuscules doués de mouvement conservent, même après qu'ils sont arrêtés et morts, une grande résistance aux réactifs, aussi peut-on les retrouver, eux ou leurs débris très-reconnaissables, dans des taches de sperme, même assez anciennes, que le microscope permet ainsi de caractériser, fait très-important en médecine légale.

La forme des spermatozoïdes est très-variable dans les différentes espèces d'animaux (fig. 73). Chez la plupart des mammifères, ils ressemblent beaucoup à ceux de l'homme et n'en diffèrent guère que par la taille plus grande ou plus petite et par de légères modifications dans la forme de la tête. Ceux du rat, dont la tête a à peu près le même volume que ceux de l'homme, ont la queue quatre fois plus longue. Ceux du coq n'ont guère que $0^{mm},012$ à $0^{mm},015$ de long.

Chez le pigeon, la tête a la forme d'un long cylindre aplati, ce qui fait ressembler le spermatozoïde à un aviron, et chez le moineau, elle est remplacée par un enroulement en hélice ou en tire-bouchon du filament qui, prolongé, constitue la queue. Chez la plupart des

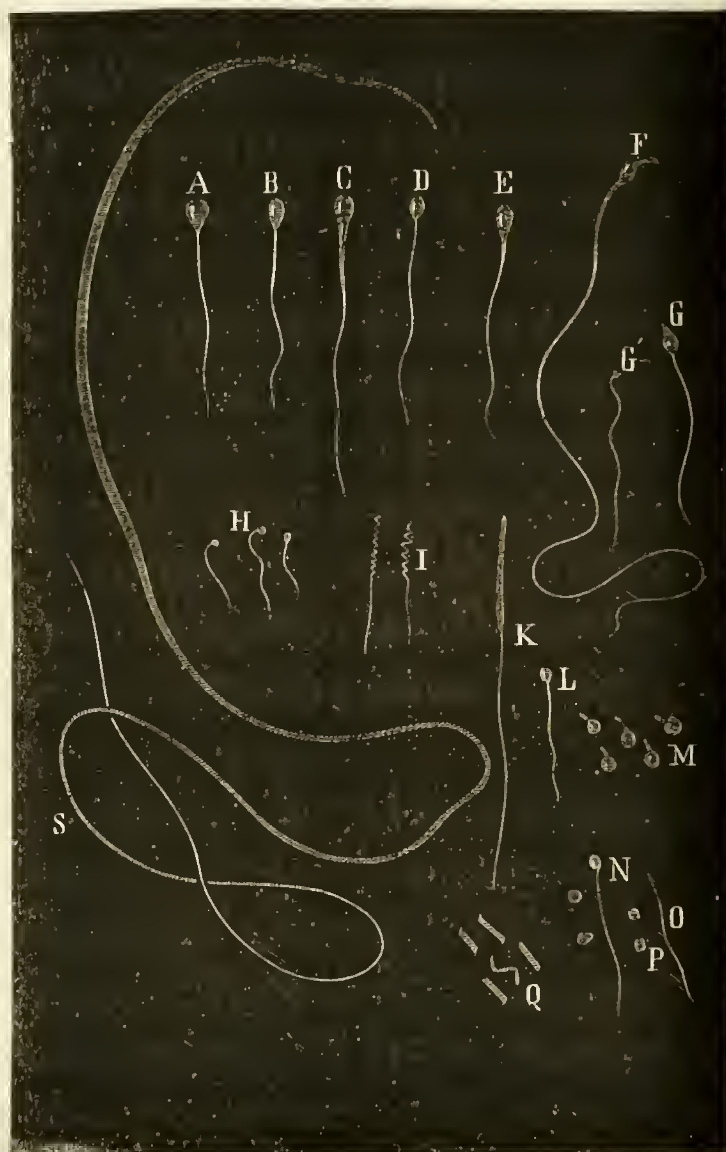


Fig. 73. — Spermatozoïdes de l'homme et de différents animaux. — A, cochon d'Inde ; B, taureau ; C, mouton ; D, cheval ; E, lapin ; F, rat ; G, G, homme ; H, coq ; I, moineau ; K, pigeon ; L, perche ; M, brochet ; N, O, grenouille (en hiver) ; P, granulations mobiles du sperme chez la grenouille ; Q, grenouille (en été) ; S, ménobranche.

poissons, les zoospermes ont en général une tête distincte et une queue plus ou moins longue. Les spermatozoïdes de la grenouille ont des formes multiples : en hiver, ils sont constitués par un filament unique, c'est-à-dire une queue, ou par un globule arrondi, globule mobile d'ailleurs et qui représente une tête, ou enfin par un globule réuni à un filament, c'est-à-dire un spermatozïde complet. En été, ils n'apparaissent que sous la forme de petits bâtonnets droits ou pliés en zigzag. Chez les ménobranches, ils sont constitués par un

long ver, 20 ou 30 fois plus long que le zoosperme de l'homme. Chez les insectes, notamment chez l'abeille, on leur trouve, sous une taille moindre, la même forme que chez les mammifères.

Préparation. — On peut étudier la texture des canaux séminifères sur des testicules d'animaux quelconques, mais si l'on veut observer les cellules mères des spermatozoïdes, il faut opérer sur les organes d'animaux en rut. On dissocie des coupes de tissus frais dans une sérosité ou dans l'eau, et l'on met en évidence les membranes des tubes à l'aide de l'acide acétique.

Pour étudier les rapports des organes, il faut faire durcir les tissus dans le liquide de Muller ou dans le bichromate. On opère d'ailleurs pour ces muqueuses et pour ces glandes comme nous l'avons indiqué précédemment. On conserve les préparations fraîches pendant assez longtemps dans les liquides de Pacini, et les préparations durcies, injectées ou non, se gardent indéfiniment dans le baume du Canada.

Quant à l'étude du sperme et des liquides des glandes prostatiques, de Cowper, vésicules séminales, elle se fait en plaçant une goutte du liquide entre deux verres sans interposition d'aucun liquide additionnel. Ajoutons que dans le sperme ancien on trouve des cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien. On peut reconnaître les anciennes taches de sperme sur le linge, en laissant la tache s'imbiber d'eau distillée, par capillarité. On racle alors la tache, devenue gélatineuse, avec un scalpel, et on y reconnaît, au milieu des débris des fibres textiles provenant du linge, des spermatozoïdes, entiers ou brisés, parfaitement caractérisés.

Les préparations de spermatozoïdes peuvent se conserver dans les liquides de Pacini qu'on emploie pour préparer les globules du sang, ou dans la glycérine gélatinée.

Organes femelles.

Sans pouvoir entrer ici dans aucun détail d'embryologie, nous avons à examiner sommairement les muqueuses des organes génitaux externes, puis celles de l'*utérus*, et à indiquer la struc-

ture des *ovaires* et des *trompes de Fallope* qui se rattachent à l'utérus.

Organes génitaux externes. — Nous avons peu de chose à dire sur la muqueuse de ces organes, qui est revêtue d'un épithélium aplati, pavimenteux, recouvrant les papilles nombreuses du chorion et d'abondantes glandes muqueuses en grappe, parmi lesquelles il faut citer les deux glandes de Bartholin, qui sont relativement volumineuses et n'offrent rien de particulier ; elles sécrètent un mucus visqueux et abondant.

La muqueuse vaginale ressemble beaucoup, comme composition, à celle de la bouche et de l'œsophage. Les papilles du chorion sont très-nombreuses, mais dissimulées dans l'épaisseur de l'épithélium. Les glandes manquent. Le liquide qu'on appelle *mucus vaginal* ne provient donc que de la fonte et de la chute des cellules épithéliales.

Utérus et trompes de Fallope. — L'utérus et les trompes ont la même structure, sauf que les couches musculaires sont beaucoup plus épaisses dans l'utérus.

La masse de cet organe, en effet, est composée par des faisceaux de fibres musculaires lisses, transversaux, longitudinaux et obliques, qui se croisent dans tous les sens, et qu'on peut diviser en trois couches. La muqueuse est intimement soudée à la couche musculaire la plus interne ; elle se compose d'une couche conjonctive et d'un épithélium à cils vibratiles, qui s'étend dans les trompes jusqu'aux bords du *pavillon*, et cesse au *museau de tanche*.

Dans le corps de l'utérus, la muqueuse recèle une grande quantité de glandes en tube, semblables aux glandes de Lieberkühn, simples ou composées, et dont le tube est revêtu intérieurement d'un épithélium cylindrique non vibratile.

Dans le *col* de l'utérus, le chorion est très-riche en papilles, et présente des glandes en grappe, qui sécrètent un mucus épais. Enfin, dans la muqueuse du museau de tanche, on trouve des glandes semblables, des papilles comparables à celles de la peau, et un épithélium pavimenteux.

Les vaisseaux sanguins sont très-abondants dans l'utérus, principalement dans les couches musculaires. Les veines y forment des

circonvolutions ou des plexus nombreux. Elles sont dépourvues de valvules.

Ovaires. — Les ovaires, qui correspondent aux testicules du mâle, peuvent être considérés comme formés d'une masse spongieuse de tissu conjonctif (*stroma*), traversée par un grand nombre de vaisseaux sanguins, à la surface de laquelle se développent des éléments glandulaires. Entre ces éléments, le stroma émet des expansions qui forme la charpente de l'organe, et qui se réunissent à la *tunique albuginée*, membrane fibreuse qui le recouvre.

Les éléments qui se forment à la surface du noyau conjonctif de l'ovaire sont les *ovules* autour de chacun desquels s'organise une vésicule particulière, la *vésicule de Graaf*.

Les vésicules de Graaf sont composées de trois enveloppes. La première, membrane externe, et la seconde, membrane interne, sont formées de tissu conjonctif émané de la charpente et composé de cellules fusiformes à noyaux; et la dernière, formée de petites cellules stratifiées, constitue un revêtement épithélial, qu'on appelle *membrane granuleuse*. Dans la cavité de la vésicule, au fur et à mesure qu'elle se développe, s'accumule un liquide particulier.

Mais sur un certain point de la paroi interne, l'épithélium s'épaissit et enveloppe dans son intérieur l'ovule qui, en réalité, était formé auparavant (*ovule primordial*), et autour duquel la vésicule s'est développée pendant que l'ovule lui-même prenait son accroissement.

L'ovule est une cellule sphérique qui, à l'état primordial, se compose d'une masse de protoplasma granuleux, le *vitellus*, recouverte plus tard d'une *membrane transparente*, *membrane vitelline* ou *chorion*, laquelle est peut-être formée par les plateaux soudés entre eux des cellules de la membrane granuleuse des follicules de Graaf, au milieu de laquelle l'ovule est plongé.

Dans le vitellus, qui est une masse visqueuse, granuleuse, tenant en suspension des globules de graisse, et que clôt une couche superficielle durcie, est un noyau parfaitement sphérique et transparent, la *vésicule germinative* ou *vésicule de Purkinje*. Celle-ci est placée excentriquement dans le vitellus (comme l'ovule dans la vé-

sicule de Graaf), et contient un nucléole arrondi, brillant, qui est la *tache germinative*.

On trouve dans l'ovaire un nombre considérable d'ovules et de 10 à 20 vésicules de Graaf à divers états de développement. A mesure que l'ovule s'organise, la vésicule qui l'entoure s'agrandit par la formation de nouvelles cellules dans sa membrane interne; le liquide s'accumule dans son intérieur. Elle fait bientôt saillie à la surface de l'ovaire, l'ovule étant appliqué à la paroi du côté du stroma; quand l'ovule est mûr, la vésicule se rompt à la surface de l'ovaire, où elle n'est recouverte que par la tunique albuginée, laquelle se rompt aussi, et l'ovule, entraîné par le liquide, est mis en liberté. A ce moment, le pavillon de la trompe est appliqué sur la surface de l'ovaire pour recueillir l'ovule, qui parcourt le canal de la trompe, dans lequel il peut être fécondé s'il y rencontre des spermatozoïdes qui pénètrent dans le vitellus et en déterminent la segmentation. Parvenu dans l'utérus, l'ovule y subit alors cet admirable développement dont l'histoire constitue l'embryologie. S'il n'a pas été fécondé, il se rompt et se dissout.

Quand à la vésicule de Graaf qui s'est rompue, elle se cicatrise à l'aide d'une production de tissu conjonctif qu'on appelle *corps jaune* (*corpus luteum*).

Les dimensions de ces éléments varient, comme on pense, suivant le degré de leur développement. L'ovule, convenablement développé, mesure de $0^{mm},15$ à $0^{mm},25$ de diamètre; l'épaisseur du chorion est alors de $0^{mm},009$ à $0^{mm},015$. A la même époque, le noyau de Purkinje a de $0^{mm},02$ à 0,04, et la tache germinative de $0^{mm},004$ à $0^{mm},006$.

La vésicule de Graaf varie aussi, suivant son état de maturité et l'espèce animale chez laquelle on l'examine, de 1^{mm} à 7^{mm}.

Les vaisseaux sanguins et lymphatiques sont très-nombreux dans l'ovaire. Ils se ramifient dans le stroma dont ils constituent presque toute la masse, puis ils s'étendent entre les vésicules et se répandent à la surface de l'organe, fournissant des réseaux aux membranes des vésicules. Les lymphatiques suivent, en général, la marche des veines, et les nerfs pénètrent dans le stroma avec les artères.

Préparation. — Les muqueuses vaginale et utérine avec leurs

glandes, leurs papilles, leurs vaisseaux seront étudiées comme les autres. Quant à l'ovaire, aux vésicules de Graaf, aux ovules, leur examen est plus délicat.

La structure de l'ovaire se révélera, sur l'organe frais, après une dissection attentive et à l'aide de coupes que l'on dissociera sur le porte-objet. En ouvrant délicatement, sur la lame de verre, les vésicules de Graaf à différents âges, on peut en examiner les membranes et le système vasculaire, le liquide intérieur ; on peut même en faire sortir l'ovule. Il faut faire cet examen en séparant la lamelle mince du porte-objet par deux petites bandes de papier, ou sur un porte-objet muni d'une petite cellule tracée au bitume de Judée, pour éviter l'écrasement des organes ; puis on crève l'ovule, en exerçant une pression ménagée sur le couvre-objet, pour étudier la membrane vitelline, la couche transparente, le vitellus et la tache germinative.

Cette étude devra être complétée par celle de coupes pratiquées sur les organes durcis par une macération, qui peut être prolongée pendant quelques jours, dans une solution concentrée d'acide oxalique. Sur ces coupes, on pourra reconnaître tous les éléments que nous avons décrits, à leurs différentes phases de développement.

La coloration au picro-carminate d'ammoniaque sera souvent très-utile pour distinguer les divers éléments.

Les préparations se conservent dans le liquide de Pacini ou, après durcissement, dans le baume du Canada.

TROISIÈME PARTIE

APPLICATIONS DU MICROSCOPE A LA BOTANIQUE

CHAPITRE PREMIER

DES PRÉPARATIONS.

L'anatomie et la physiologie végétales doivent peut-être plus encore au microscope que l'anatomie animale, car sans des moyens plus ou moins puissants d'amplifier les organes et les tissus si délicats qui composent les végétaux, il n'est pour ainsi dire plus de botanique et, certainement, sans le microscope, cette partie de la science dont on a fait l'organographie et la morphologie est absolument impossible.

Aussi, les applications du microscope aux études botaniques sont-elles à peu près illimitées : chaque plante fournit le sujet de nouvelles observations et si l'élément primordial qui constitue les organes de tous les végétaux est essentiellement le même, la cellule, il diffère tellement dans sa forme et dans son aspect, quand on passe d'une plante à une autre, ou d'une partie de la même plante à une autre partie, que l'étude en est toujours nouvelle et attrayante.

Cette grande variété des sujets d'observations, en même temps que la facilité relative des préparations qui ne s'accompagnent pas de dissections sanglantes, fait de cette branche de la micrographie, une des plus intéressantes comme des plus charmantes études auxquelles puissent s'adonner non-seulement le naturaliste, mais

encore l'étudiant, l'homme du monde et tous ceux qui sont curieux des merveilles de la nature.

Les préparations sont, avons-nous dit, relativement plus faciles à exécuter que celles dont l'étude des tissus animaux exige l'emploi. Elles se bornent, en effet, à des dissections ou dissociations qui se font avec des aiguilles, souvent à l'œil nu ou sous la loupe ordinaire, la loupe de Brücke et surtout sous le microscope simple. Les coupes minces, excepté quand on les pratique sur des bois ou des périspermes très-durs, comme certains noyaux, n'exigent la plupart du temps aucun appareil particulier. Le peu de résistance des tissus végétaux permet presque toujours d'en faire des coupes suffisamment minces avec le rasoir, à main levée. Si les organes à sectionner sont trop mous, une immersion dans l'alcool suffit ordinairement pour leur donner la dureté nécessaire à la coupe. Au besoin, on les comprend entre deux lames de liége ou de moelle de sureau qu'on peut tenir entre les doigts de la main gauche ou dans les mors d'un petit étau à main. On fait les sections à travers contenant et contenu. Pour les corps très-petits, les grains de pollen, les spores de Cryptogames, par exemple, on peut les enrober dans la gomme arabique, comme nous l'avons indiqué précédemment.

Dans le cas où l'on craint que l'action de l'eau sur le grain de pollen altère la forme de celui-ci ou de son contenu, on peut enrober les grains dans de la cire vierge fondue ou de la paraffine que l'on dissout, après qu'on a fait les coupes, dans la benzine, l'essence de térébenthine ou tout autre carbure d'hydrogène.

La macération dans l'eau pure ou acidulée, est un moyen souvent employé pour dissocier certains éléments ; l'action de quelques réactifs, peu nombreux d'ailleurs, tels que l'acide sulfurique dilué, la potasse, le chlorate de potasse et l'acide nitrique, l'alcool, permet aussi de dissoudre certaines substances pour mettre en évidence les éléments qu'on recherche particulièrement.

On peut aussi employer les injections ou plutôt les imprégnations, le plus souvent au carmin, mais il n'est plus nécessaire de se servir de seringues ou d'autres appareils spéciaux. Il est souvent facile de profiter de la capillarité pour faire pénétrer le liquide coloré dans les tissus des végétaux vivants ou morts, ou de l'ascen-

sion naturelle de la séve dans les vaisseaux des plantes vivantes pour y faire monter la solution carminée, en plongeant tout simplement l'extrémité de la tige dans le liquide, comme un bouquet qu'on met dans l'eau.

Enfin, il est quelquefois indispensable d'employer des moyens plus énergiques pour amener une pénétration plus complète de la matière colorante. Pour cela, on place la pièce dans la solution, sous une cloche rodée sur une plaque de glace et communiquant avec une petite pompe à air ; on fait le vide sous la cloche, l'air contenu dans les pores de la pièce s'échappe et la dissolution le remplace (1).

La conservation des préparations se fait, pour les pièces sèches, dans le baume du Canada, ou, pour les pièces humides, dans des liquides appropriés : le chlorure de calcium, la glycérine, l'eau camphrée et quelquefois dans les huiles grasses comme l'huile fine des horlogers. La pièce est plongée d'abord dans un liquide destiné à lui donner la transparence nécessaire, la glycérine pure ou mélangée, l'acide acétique ou autre, et quand elle est bien pénétrée, on la place dans une goutte du liquide conservateur sur le porte-objet, au milieu d'une cellule tracée d'avance au bitume de Judée. A l'aide de la planchette à ressorts compresseurs de M. J. Bourgogne père, la préparation est bientôt terminée (voir page 188).

On peut aussi employer les procédés que nous avons décrits précédemment (voir pages 174 et suiv.).

Des produits.

Réactifs.

Eau d'iode. — L'iode sert à déceler la présence de la matière amylacée par la coloration bleue ou violette qu'elle lui communi-

(1) M. J. Swift, de Londres, construit de petites cuves en fonte pouvant contenir une, deux ou trois préparations, et les recouvre avec une lame de glace légèrement graissée sur les bords; on fait le vide avec une petite pompe couchée sous la cuve. Ces petits appareils, qui ont quelques centimètres de hauteur et de longueur, sont excellents et des plus commodes.

que. La cellulose est de même colorée en violet si l'on fait ensuite agir sur elle l'acide sulfurique.

Chlorure de zinc iodé. — Ce réactif est un des plus employés. Il colore en bleu ou en violet l'amidon et la cellulose, comme le fait l'iode après l'action de l'acide sulfurique. Son emploi est donc beaucoup plus commode.

On le prépare en évaporant à consistance de sirop la solution de chlorure de zinc qu'on remue avec une lame de zinc parfaitement propre. On ajoute de l'iodure de potassium jusqu'à saturation, puis quelques paillettes d'iode et de l'eau pour rendre au produit sirupeux la liquidité nécessaire (Schultze).

Acide sulfurique. — Dilué avec 1/3 de son poids d'eau, cet acide sert à caractériser la cellulose par une coloration en bleu ou en violet, après qu'on a fait agir l'eau iodée et qu'on a enlevé celle-ci avec un peu de papier buvard. La coloration devient plus tard d'un violet plus ou moins rouge.

L'acide sulfurique sert aussi comme réactif dans l'étude du parenchyme végétal.

Acide nitrique. — Il sert à déceler la présence des matières azotées qu'il colore en jaune, surtout si l'on fait agir ensuite un peu d'ammoniaque.

Schultze l'emploie concurremment avec le chlorate de potasse pour isoler les cellules.

Chlorate de potasse. — On traite à chaud, dans un petit tube, la préparation par quelques cristaux de chlorate de potasse pulvérisés, auxquels on ajoute un peu d'acide nitrique. La réaction peut occasionner de petites détonations. On dissout ainsi la matière intercellulaire.

On peut opérer en plus petit sur le porte-objet, qu'on chauffe sur la lampe à alcool, pour éviter des détonations qui pourraient être dangereuses. (La trituration du chlorate de potasse doit se faire elle-même sur de très-petites quantités à la fois.) (Schultze.)

Quand la réaction est produite, on lave la préparation à l'eau distillée.

Nitrite de mercure, réactif de Millon. — On le prépare en dissolvant à froid le mercure pur dans l'acide azotique. Il colore en

rouge les matières azotées. Ce réactif peut être remplacé par l'acide nitrique et l'ammoniaque.

Potasse caustique. — Dissolution de 40 de potasse pour 100 d'eau.

Ammoniaque.

Oxyde de cuivre ammoniacal. — On précipite par la potasse un sel de cuivre, on lave le précipité sur un filtre et on le dissout dans l'ammoniaque.

Il sert à dissoudre la cellulose.

Éther.

Alcool. — On l'emploie pour chasser l'air des préparations ou pour durcir les tissus mous avant de faire les coupes.

Liquides conservateurs.

Baume du Canada.

Glycérine pure et **glycérine gélatinée.**

Chlorure de calcium. — Le chlorure de calcium sert à la conservation de la plupart des préparations végétales. On emploie une dissolution contenant une partie de chlorure pour trois parties d'eau distillée.

Eau camphrée. — Ce liquide est employé par Van Heurck pour conserver les spirales de chlorophylle dans certaines Algues. On le prépare en ajoutant 3 ou 4 gouttes d'alcool camphré à de l'eau distillée placée dans un flacon à moitié rempli. On secoue fortement et, si le camphre ne se précipite pas, on ajoute de l'alcool camphré, on agite, et on recommence jusqu'à ce que le camphre se dépose. On filtre le liquide et on le conserve dans un flacon bien bouché.

Huile fine des horlogers. — Cette huile a été conseillée par Van Heurck pour remplacer, comme liquide conservateur, les huiles essentielles qui attaquent le vernis de la cellule. On l'emploie surtout pour conserver les pollens.

Alcool crésoté. — Ce liquide conserve très-bien les Algues avec leur matière colorante et les autres tissus végétaux. Il est composé de :

Eau distillée	14 gr.
Alcool	1
Créosote, autant qu'il s'en dissout.	

On laisse reposer quelques jours et on filtre sur du papier ou sur de la craie lavée et pulvérisée (Thwaites).

Eau sucrée.

CHAPITRE II

LA CELLULE VÉGÉTALE

I. — Forme des cellules.

L'élément constitutif des végétaux est la *cellule ;* toute plante peut être considérée comme un amas plus ou moins considérable de cellules, le plus souvent en quantités innombrables, et certaines ne se composent que d'une cellule unique.

La cellule végétale est une véritable vésicule ou *utricule*, car elle est toujours limitée par une membrane d'enveloppe, au moins lorsqu'elle a pris tout son accroissement. Cette membrane s'appelle *membrane cellulaire ;* elle est formée par une substance végétale qu'on nomme *cellulose.*

Toute cellule vivante renferme dans son intérieur une matière plus ou moins molle, homogène ou granuleuse qui en est la partie réellement vivante et que H. de Mohl a appelée *protoplasma.*

Le protoplasma remplit quelquefois entièrement la cellule, ordinairement dans le jeune âge, mais bientôt, la membrane cellulaire s'élargissant, le protoplasma se creuse de vacuoles dans lesquelles s'accumule un liquide aqueux qui est le *suc cellulaire.* Le protoplasma présente alors des aspects variés, tantôt tapissant la membrane cellulaire d'une couche plus ou moins épaisse au centre de laquelle, comme dans un sac, est contenu le suc cellulaire ; tantôt il forme des amas irrégulièrement disposés, envoyant vers la face interne de la membrane cellulaire des prolongements qui constituent à celle-ci un revêtement continu.

Enfin, certaines parties du protoplasma se réunissent le plus souvent au centre de la cellule pour former le *noyau* dans lequel on distingue ordinairement un ou plusieurs des *nucléoles* dont il se compose (1).

Tel est l'élément cellulaire végétal dans son intégrité. Ce n'est pas, comme on le voit, une simple vésicule, c'est un élément complexe et vivant qui poursuit une évolution pendant laquelle il change de forme, d'aspect et, souvent, de nature, s'appropriant dans un grand nombre de cas à des fonctions spéciales.

C'est ainsi que certaines cellules, dans les phases de leur développement, se réunissent en une file longitudinale plus ou moins longue, leur paroi de séparation disparaît, le protoplasma se résorbe ainsi que le noyau, le suc cellulaire s'écoule et il reste un tube creux, un *vaisseau*, dans lequel l'air va circuler ; — mais les cellules, en tant qu'éléments formateurs, sont mortes avec la disparition du protoplasma et sont désormais incapables de se multiplier.

D'autres fois, le protoplasma disparaît, la cellule reste remplie d'eau ou d'air, ses parois s'incrustent plus ou moins d'une substance dure dans laquelle s'accumulent souvent des sels minéraux. La cellule est *lignifiée*, devenue du *bois ;* — comme précédemment, elle est morte avec la disparition du protoplasma, elle ne peut plus se multiplier et ne concourt dorénavant à la vie du végétal que pour soutenir et consolider sa charpente.

Ainsi, la partie vivante de la cellule est le protoplasma, nous en verrons de nouvelles preuves en étudiant le mode de génération des cellules. Mais ce protoplasma lui-même est formé d'une matière azotée de nature albuminoïde, qui se sépare ordinairement en granulations plus ou moins nombreuses et apparentes dans lesquelles se développe une substance particulière, de couleur verte, qu'on appelle la *chlorophylle*. Ces granulations, qu'on nomme *grains de chlorophylle*, bien qu'ils soient à proprement parler des grains de protoplasma teints par la chlorophylle, se groupent dans les cellules de différentes manières, formant quelquefois des amas confus et unifor-

(1) Le noyau manque dans certains végétaux inférieurs.

mément répandus dans le sac protoplasmique, mais quelquefois aussi dessinant dans les cellules des figures plus ou moins régulières, par exemple, des chapelets en spirale, comme dans les *Spirogyra*.

La chlorophylle peut être associée à d'autres matières colorantes qui donnent aux parties vertes de certains végétaux des nuances particulières. Ainsi la chlorophylle est mêlée d'une matière colorante bleue, dans les Oscillaires, brune dans beaucoup de Diatomées et rouge dans les Algues floridées.

La forme des cellules varie à l'infini, non-seulement dans des végétaux différents, mais encore dans les diverses parties d'une même plante. C'est qu'en effet, les cellules, formant tous les tissus du végétal, doivent revêtir des formes particulières suivant les fonctions qui sont dévolues à tel ou tel tissu, à tel ou tel organe dans la vie de la plante.

C'est ainsi que les cellules libres telles que celles qui constituent les grains de pollen de beaucoup de plantes, les spores d'un grand nombre d'Algues et de Cryptogames, ou même qui, par leur agrégation en forme de chapelets, composent certains Champignons inférieurs, les Ferments, conservent, pendant la plus grande partie de leur existence, la forme sphérique ou ovoïde.

Lorsque ces cellules, qu'on peut considérer comme sphériques à l'origine, composent les parenchymes charnus de certains fruits, de la moelle, des feuilles, des tubercules, des bulbes, etc., etc., la pression réciproque qu'elles éprouvent les unes par les autres leur fait prendre une forme polyédrique plus ou moins régulière. Cette forme varie d'ailleurs à l'infini et l'on peut facilement l'étudier sur des coupes minces pratiquées dans les divers tissus végétaux que nous venons d'énumérer (fig. 74).

Très-fréquemment aussi, elles revêtent une forme allongée, tubulaire, soit qu'elles constituent des masses compactes, et dans ce cas la pression leur donne un aspect prismatique (fig. 75), soit qu'elles se soudent simplement les unes aux autres, bout à bout, pour former un tube cloisonné, un filament, et dans ce cas elles sont cylindriques. C'est cette forme remarquable qu'on trouvera dans les Conferves, Zygnémées, Spirogyres et autres Algues qu'on rencontre dans tous les ruisseaux et dont l'examen sous le microscope est des plus

faciles en même temps que des plus attrayants, car ces plantes transparentes laissent apercevoir de la manière la plus nette et la plus élégante tout le système de leur structure cellulaire.

Dans certaines couches superficielles, les cellules ont une forme tabulaire, mais c'est surtout dans la couche qui forme l'épiderme des feuilles et des pétales qu'elles revêtent les formes les plus variées tout en restant aplaties : les unes ont leurs bords ondulés,

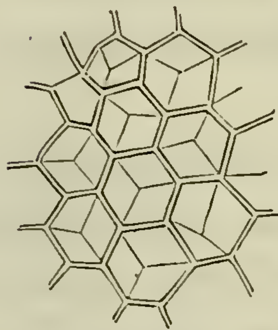


Fig. 74. — Cellules polyédriques de la moelle de sureau.

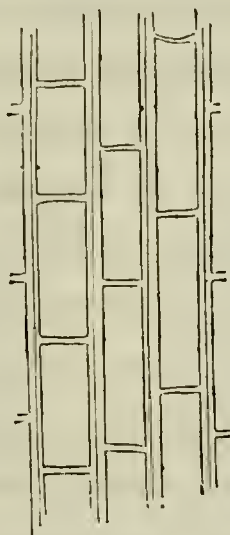


Fig. 75. — Cellules cylindriques de la tulipe.

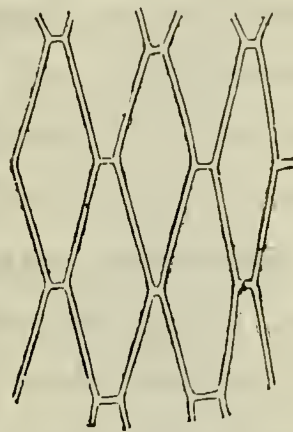


Fig. 76. — Cellules en losange de la jacinthe.

crénelés, dentelés, les autres sont découpées en losanges, en hexagones, en étoiles, en zigzags, en figures d'une inépuisable variété qui font de l'étude des épidermes végétaux la plus charmante distraction du micrographe (fig. 76).

Enfin, certaines cellules émettent des prolongements quelquefois très-longs, deviennent multipolaires, et les poils qui revêtent l'épiderme de certaines plantes, poils formés souvent d'une seule cellule, offrent des cônes, des cylindres renflés en quille, des ramifications, des étoiles comme dans l'*Aralia papyrifera*, l'*Alyssum calicinum*, le *Matthiola annua*, etc., etc.

Toutes ces observations sont très-faciles et les plantes les plus répandues peuvent fournir d'excellents sujets d'études ; des coupes modérément minces, longitudinales et transversales, à travers les divers organes végétaux se prêtent ordinairement d'une manière suffisante à l'examen microscopique. Pour voir la forme des cellules épidermiques, on peut enlever par arrachement de minces bandes d'épiderme à la surface des tiges, des feuilles ou des pétales et les

examiner dans l'eau ou dans le chlorure de calcium. Dans le cas où des coupes excessivement minces seraient nécessaires, il faudra faire macérer les organes sur lesquels on veut les pratiquer dans l'alcool concentré ou même absolu, et quelquefois pendant un ou deux mois, afin de leur donner la consistance suffisante.

Enfin on peut isoler complétement les cellules les unes des autres soit par une dissection attentive sous le microscope simple, par exemple dans les fruits charnus très-mûrs, framboises, fraises, cerises, poires blettes, etc., etc., soit par la pression, soit par l'ébullition dans l'eau ou dans la solution de potasse qui dissout la matière intercellulaire, soit par l'action de l'acide nitrique et du chlorate de potasse. D'ailleurs les grains de pollen et les spores des Algues représentent des cellules libres naturellement.

Membrane cellulaire. — Nous avons dit que, sauf quelques cas qui, même, ne sont que des phases transitoires, la cellule végétale est toujours close par une membrane formée de cellulose, mais cette membrane n'est pas toujours également simple et mince ; elle subit dans son développement différents accroissements qu'il est utile d'examiner rapidement.

Le premier mode d'accroissement qu'elle éprouve a pour but de modifier sa forme primitive, par la raison qu'elle ne grandit pas toujours également dans tous les sens et que telles de ses dimensions peuvent devenir prépondérantes ; c'est ainsi qu'elle s'allonge, devient tubulaire, ou s'aplatit, ou se ramifie, parce que l'accroissement se manifeste davantage en certains points.

Mais la membrane cellulaire peut encore s'accroître dans son épaisseur, et cet accroissement se manifeste rarement d'une manière égale dans toutes les parties de la cellule, ce qui détermine, sur la surface interne ou externe, des saillies et des dépressions dont la forme et la disposition sont des plus variables et des plus curieuses.

Cet épaississement peut se faire par points isolés, et ces points plus épais paraîtront moins transparents, réfracteront davantage la lumière, la cellule paraîtra *ponctuée* (fig. 77). Si l'épaississement se fait sous forme de bandes, en général parallèles les unes aux autres, la cellule sera *rayée* (fig. 78). Ces raies pourront être lon-

gues et transversales à l'axe d'une cellule allongée, prismatique, de manière à former sur chaque face comme les degrés d'une échelle, et l'on aura une cellule *scalariforme*.

Les bandes d'épaississement peuvent affecter la forme d'anneaux parallèles et constituer des *cellules annelées* (fig. 79), de rubans enroulés en spirale et former des *cellules spiralées*, à spirales plus ou moins aplaties (fig. 80). Il peut même exister deux spirales enroulées en sens contraire, comme cela se présente dans les cellules des élatères du *Marchantia polymorpha*.

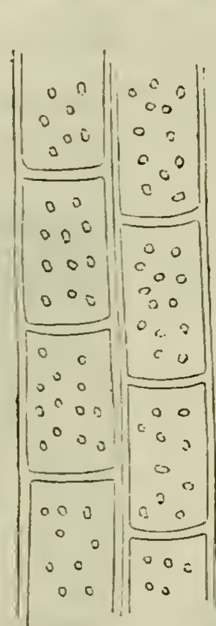


Fig. 77. — Cellules ponctuées.

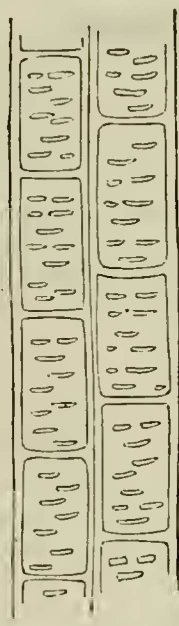


Fig. 78. — Cellules rayées.

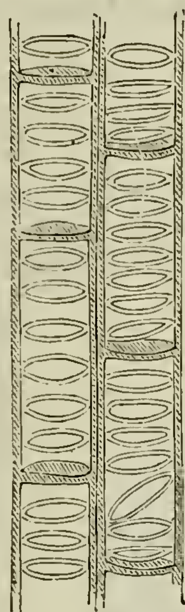


Fig. 79. — Cellules annelées.

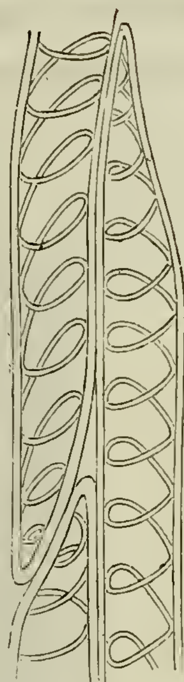


Fig. 80. — Cellules spiralées.

Il faut remarquer, d'ailleurs, que ces détails dans la membrane des cellules se retrouvent sur les vaisseaux, lesquels résultent, comme nous l'avons dit, de la soudure bout à bout de cellules dont la cloison séparative s'est résorbée. Ces détails de structure sont même beaucoup plus faciles à étudier sur les vaisseaux, en raison de ce que ceux-ci se prêtent mieux à la dissection que les cellules.

Mais parmi ces innombrables détails que présente la membrane cellulaire, il en est de fort intéressants et que nous devons signaler, ce sont ceux qui constituent les *cellules grillagées* et les *cellules aréolées*.

Les grillages se trouvent le plus souvent à la surface qui sépare, comme une cloison, les cellules allongées en tube et disposées sur une même file longitudinale. Ainsi dans le potiron (*Cucurbita pepo*)

on trouve des cellules cylindriques ponctuées et dont la ponctuation est représentée par les parties minces de la paroi. Mais la cloison séparative des cellules de la même file est épaissie de manière à laisser sur sa surface de nombreux points minces, isolés, qui donnent à cette cloison l'aspect d'un grillage ou d'un crible. Le même phénomène se produisant de l'autre côté de la cloison, dans la cellule voisine (fig. 83), et l'épaississement se formant aux points correspondants, on comprend que les deux cellules ne sont plus séparées que par la membrane très-fine qui existe au fond des points minces. Il arrive souvent que cette membrane se résorbe et les deux cellules communiquent à travers le grillage.

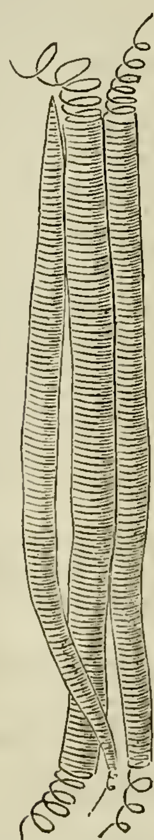


Fig. 81. — Vaisseaux spiralés ou *trachées*.

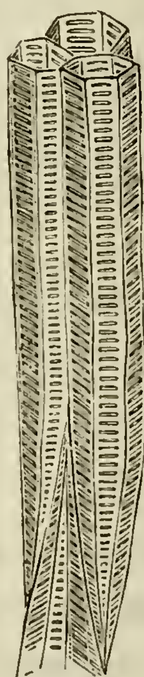


Fig. 82. — Vaisseaux scalariformes (*Pteris aquilina*).

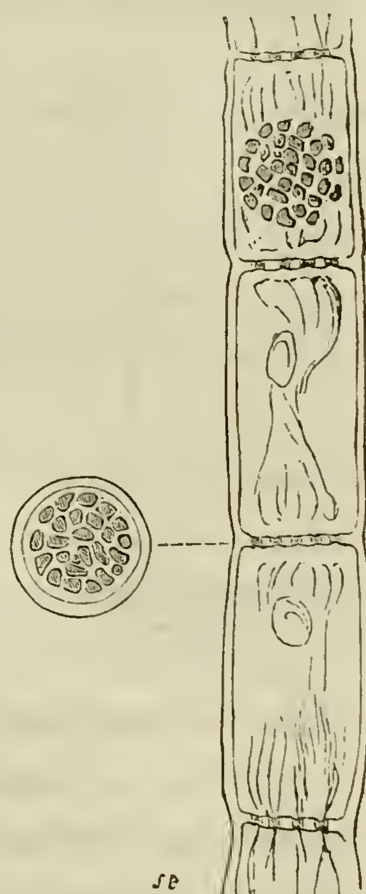


Fig. 83. — Cellules grillagées (*Cucurbita pepo*).

Quant aux ponctuations aréolées qu'on remarque sur les parois latérales des cellules de certains bois (particulièrement des Conifères), elles sont dues à une partie mince autour de laquelle, dans les deux cellules adjacentes, ordinairement, l'épaississement se produit en surplombant sur la partie mince. Si donc cette partie a une forme arrondie, la ponctuation, examinée de face, présentera deux cercles concentriques dont le plus grand sera la circonférence de

la partie amincie, et le plus petit le méat formé par les couches d'épaississement. Cette ponctuation peut d'ailleurs être ovale avec un méat linéaire ou présenter des aspects très-variés qui s'expliquent de la même manière (tubercules de dalhia) (fig. 84).

Il arrive le plus souvent que la membrane amincie au fond des ponctuations aréolées, quelle qu'en soit la forme, se résorbe et les cellules communiquent. Tout un système cellulaire, formé d'éléments semblables, peut ainsi communiquer; mais si les cellules voisines sont d'une nature différente, la communication ne s'établit pas.

Ce que nous disons des communications établies entre les cellules, par des pores résultant de la résorption de la membrane amincie en certains points, s'applique d'ailleurs à toutes les espèces de cellules congénères. Il peut arriver encore que la membrane d'une cellule fasse hernie dans une autre cellule par le méat d'un pore et produise ce qu'on appelle des *tylles* ou *tyloses*.

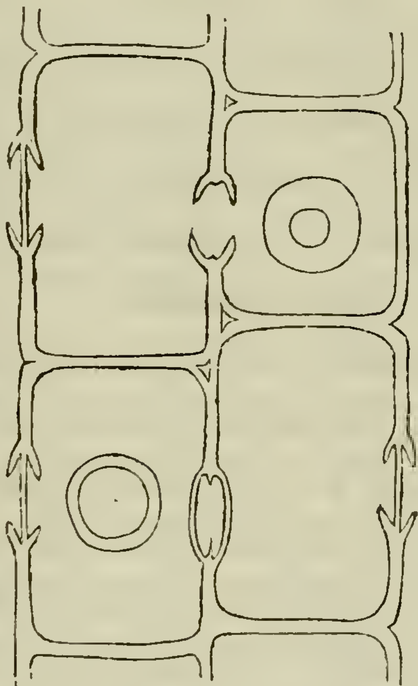
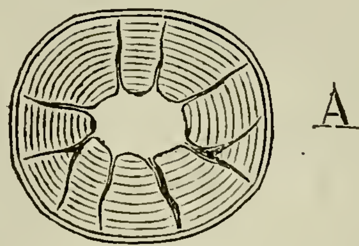


Fig. 84. — Cellules aréolées (*Abies*.)



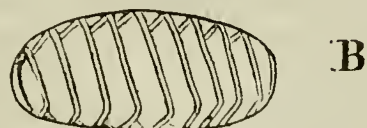


Fig. 85. — A. Cellule épaissie avec canaux poreux — B. Cellule annelée à épaississements quadrilatères (anthère du *Fuchsia*).

Mais à ces dessins et à ces sculptures qui décorent la paroi des cellules et qui varient à l'infini ne s'arrêtent pas les modifications dont la membrane des cellules végétales peut être l'objet.

Formée, en effet, par le protoplasma et aux dépens de certains éléments qui la composent, cette membrane cellulaire éprouve encore, le plus souvent, un troisième mode d'accroissement en vertu

duquel, quand elle a pris les dimensions, l'épaisseur, l'aspect qui lui sont propres, de nouvelles couches de matière se forment et s'appliquent contre sa surface interne, en y constituant des stratifications qui, sur les coupes, se traduisent par des zones concentriques. Il ne faudrait pas croire, toutefois, que ces couches se forment par des dépôts successifs, de telle sorte que le plus interne soit le plus jeune, et le plus voisin de la paroi cellulaire le plus ancien. Ces couches sont formées par un travail d'organisation particulier des éléments du protoplasma, par intussusception, travail en raison duquel la couche la plus interne et la plus externe sont composées d'une matière cellulaire dense, tandis qu'entre ces deux couches s'organise une série de nouvelles couches alternativement moins denses ou plus aqueuses et plus denses ou moins aqueuses. Ces couches ne sont pas, d'ailleurs, absolument continues, elles manquent dans certaines parties de leur épaisseur, laissant ainsi des lacunes qui peuvent avoir la forme de tubes, simples ou ramifiés, et qu'on appelle *canaux poreux*, ou de fentes, de fissures plus ou moins aplaties et anfractueuses, dont l'existence se révèle à l'extérieur, sur la paroi de la cellule, par des ponctuations, des lignes ou des dessins divers indiquant les parties où la membrane, restée mince, n'est pas doublée des couches d'épaississement.

Enfin, ces couches semblent elles-mêmes formées par des bandes, ou plutôt par des systèmes de bandes parallèles, qui se croisent et se révèlent par des stries plus faciles à reconnaître quand on examine les cellules de face. On aperçoit ordinairement deux systèmes de stries qui se croisent et qui résultent de bandes alternativement plus et moins denses, implantées obliquement sur la membrane cellulaire et traversant ainsi sous des incidences variables toutes les couches concentriques. Ces deux systèmes, avec les couches concentriques, forment donc trois systèmes d'éléments qui se croisent et qu'on a justement comparés aux plans de clivages des cristaux (Nägeli).

Les réactions de la substance qui compose la membrane cellulaire sont celles de la cellulose, c'est-à-dire que cette matière bleuit par l'action successive de l'acide sulfurique et de l'eau iodée ou par celle de chlorure de zinc iodé. Elle se gonfle sans se dissou-

dre dans la potasse, mais se dissout au contraire dans l'acide sulfurique concentré et, souvent, dans la solution ammoniacale d'oxyde de cuivre.

Protoplasma. — Le protoplasma est la matière que renferment les cellules végétales vivantes, matière à l'organisation de laquelle ces cellules doivent leur formation d'abord, puis leur développement, ainsi que la formation et le développement des divers éléments qui les composent. C'est précisément la matière vivante de la cellule et c'est parce que celle-ci contient du protoplasma qu'elle est vivante ; quand le protoplasma l'a quittée, elle peut subsister, mais elle ne vit plus et ne se multiplie plus.

Le protoplasma est une matière fort complexe, contenant des substances albuminoïdes, de l'eau, et dans laquelle se forment soit des grains d'amidon, soit de fins globules de graisse auxquels est dû sans doute l'aspect granuleux que présente presque toujours ce corps.

Sa consistance est très-variable : suivant la quantité d'eau qu'il renferme, il peut être presque liquide, gélatineux ou dur, et même cassant. Devenu libre, par exemple dans le cas de formation d'une nouvelle cellule, il s'enveloppe rapidement d'une couche membraneuse, homogène et transparente. Remplissant d'abord toute la capacité de la jeune cellule, il se fractionne et se divise, en formant un ou plusieurs amas reliés entre eux par des sortes de cordons, en même temps qu'il se granule, et les vacuoles qu'il détermine s'emplissent de suc cellulaire formé à ses dépens. Ou bien, il se répartit sur la surface interne de la paroi, formant une sorte de sac protoplasmique rempli de suc cellulaire et qui, considéré comme l'élément formateur de la cellule, est souvent désigné sous le nom de *cellule primordiale*.

Le plus ordinairement, certaines parties du protoplasma se séparent en granules qui se colorent en vert et forment les *grains de chlorophylle*.

Parmi les corps que produit le protoplasma il faut citer le *noyau*. Ce noyau, composé de la même substance, est le plus souvent central ; mais à mesure que les vacuoles se forment, il peut devenir pariétal. Souvent aussi il se résorbe ou se fractionne.

Ce noyau peut s'envelopper lui-même d'une couche membraneuse pendant que, dans sa substance même, des vacuoles se creusent, et se forment des granules ou *nucléoles*. D'ailleurs, il semble prendre, dès le moment de sa formation, les dimensions qu'il conservera plus tard, ou du moins son accroissement est bien rarement proportionné à celui de la cellule. Il demeure toujours entouré d'une couche protoplasmique qui, lorsque les vacuoles intra-cellulaires se sont formées, le rattache, par des espèces de cordons ou de rubans, au sac périphérique de protoplasma. Si ses dimensions, alors, ne changent guère, sa forme peut se modifier notablement et devenir plus ou moins anguleuse, sous l'effort de traction, pour ainsi dire, qu'exercent sur lui les cordons par lesquels il est soutenu ou amarré dans la cellule.

Le protoplasma est doué de mouvements divers, et l'observation de ces mouvements constitue une des plus curieuses études micrographiques.

Les mouvements du protoplasma sont déjà caractérisés par la propriété qu'ont beaucoup de plantes inférieures, par exemple, les Algues, d'émettre des spores animées. Certaines cellules de la plante laissent échapper, par une ouverture de leur paroi, une partie du protoplasma qui les remplit. Celui-ci prend bientôt une forme arrondie, s'enveloppe d'une couche membraneuse, et, ordinairement à l'une de ses extrémités, quelquefois à deux extrémités diamétrales, s'organisent un ou plusieurs cils vibratiles, et le corpuscule se met à nager dans le liquide ambiant comme un animal infusoire ; c'est une *zoospore*. Bientôt, pourtant, les cils tombent, le corpuscule se fractionne en plusieurs cellules et un nouveau végétal s'organise.

D'autres fois, les spores sont dépourvues de cils et se meuvent de mouvements lents, dus à l'extension et à la rétraction successives des différentes parties de ce qu'on peut appeler leur corps, mouvements dits *amiboïdes*. Ce sont les *myxoamibes* et les *plasmodies*.

Les *anthérozoïdes*, qui représentent les spermatozoïdes végétaux, ont une origine et des mouvements analogues à ceux des zoospores.

Mais le protoplasma est doué de mouvements dans l'intérieur

même des cellules, mouvements qui constituent souvent une véritable circulation.

L'abbé Corti avait déjà signalé, en 1774, le mouvement circulatoire qui se produit dans les cellules du *Chara fragilis*, mouvement que l'on retrouve d'ailleurs dans les autres *Chara*, *Nitella*, etc., etc. ; mais le perfectionnement des instruments a permis de reconnaître des mouvements analogues dans un grand nombre d'autres plantes que l'on peut se procurer facilement et dont la préparation est des plus faciles.

Si l'on récolte, au printemps, les végétaux microscopiques qui enduisent les pierres et les corps submergés dans l'eau des ruisseaux et des mares, on y trouvera presque certainement, au milieu d'une grande quantité d'autres, une *Desmidiée* formée d'une seule cellule recourbée en arc, contenant un protoplasma coloré en beau vert et des granulations symétriquement disposées. C'est le *Closterium lunula*. Vers la pointe de chacune des cornes de ce croissant, où s'arrête la matière chlorophyllée, on verra avec étonnement, sous un grossissement de 3 à 500 diamètres (obj. 5, N. ou 7 H.), de huit à douze granules se mouvoir avec turbulence, et en examinant avec attention, on reconnaîtra que certains de ces granules remontent le long des bords de l'arc concave et qu'il y existe un véritable mouvement de circulation (fig. 86).

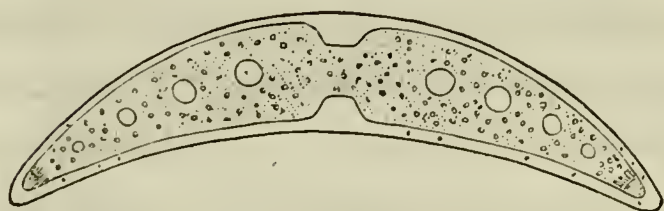


Fig. 86. — *Closterium lunula.*

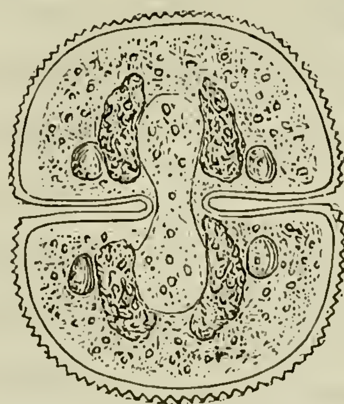


Fig. 87. — *Cosmarium Botrytis.*

Une autre Desmidiée, formée aussi d'une seule cellule, étranglée au milieu et de forme elliptique, colorée en vert vif, présente un spectacle encore plus saisissant, car le protoplasma vert paraît tout entier animé d'un énergique mouvement de fourmillement que l'on peut entretenir, pour ainsi dire, indéfiniment en renouvelant

l'eau dans laquelle la Desmidiée est placée sur le porte-objet. Cette petite plante est le *Cosmarium botrytis ;* elle exige un grossissement beaucoup plus considérable que la précédente (5 N. 9 H.) (fig. 87).

On peut constater une circulation bien évidente, dans les cellules qui composent les poils de l'ovaire des *Tradescantia*, par exemple, les *Tr. virginica, zebrina*, etc., etc., qu'on trouve facilement. Ici, il n'y a pas de chlorophylle, mais on voit le protoplasma, incolore, diversement réparti dans les cellules et relié par des cordons protoplasmiques. De la masse qui entoure le noyau à la couche périphérique, un grand nombre de courants lents, entraînant des granulations, se manifestent dans les cordons régnant à travers les vacuoles. Quelquefois, deux courants en sens contraire s'établissent dans le même cordon. Autour du noyau et du sac protoplasmique, on observe des courants semblables. Les *Tradescantia* dont le suc est coloré se prêtent mieux que les autres à cette observation, qui est d'ailleurs très-facile et ne demande que de l'attention, parce que les mouvements des granulations sont très-lents.

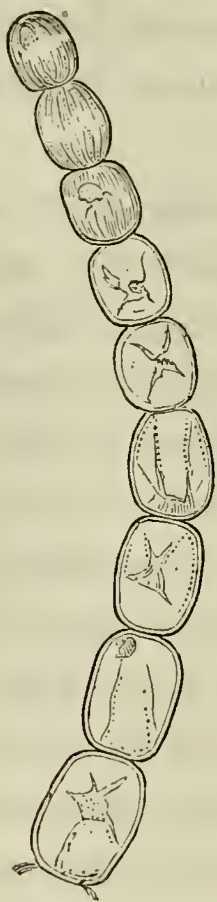


Fig. 88. — Poil du *Tradescantia Virginica* (ovaire).

Les quatre cellules inférieures montrent le noyau et les cordons protoplasmiques le long desquels se meuvent de fines granulations qui suivent aussi les parois. Les trois cellules supérieures sont *au point* pour leur surface externe, dont la membrane est finement plissée et pointillée. (Obj. 7 Hart. et Praz, oc. 3.)

Les poils étoilés de la rose trémière (*Althæa rosea*), ceux qui garnissent l'ovaire des *Ænothera* et des *Clarkia*, présentent un phénomène semblable, et avec de fort objectifs on peut en reconnaître d'identiques, non-seulement dans les Characées et les plantes submergées, *Vallisneria spiralis*, *Elodea canadensis*, *Ceratophyllum*, *Hydrocharis* (poils des racines) (1), mais dans les poils de l'Ortie (*Urtica urens*), dans les balsamines, la chélidoine, les roseaux et même dans

(1) On trouve ces plantes dans toutes les mares et les rivières et chez les marchands d'aquariums d'appartement. Parmi les autres plantes où le phénomène de la circulation a été observé, nous citerons les suivantes : *Arundo*, *Artemisia*, *Astragalus*, *Anethum*, *Heracleum*, *Impatiens*, *Lathyrus*, *Sida*, *Macleia*, *Ligusticum*, etc. ; parmi les arbres : *Æsculus hippocastanum*, *Carpinus*, *Betulus*, *Pavia macrostachya* (axe d'inflorescence), *Fraxinus excelsior*, *Pavia neglecta*, *Pinus pumilio*, *Quercus sessiliflora*, *Sophora japonica*, *Ficus elastica* (stipules).

les cellules réticulées, grillagées ou ligneuses de beaucoup d'arbres.

Amici, R. Brown, Schultze, Holland, avaient étudié cette circulation dans un assez grand nombre de plantes, et Schultze remit autrefois à Lebaillif, qui a publié un mémoire sur le phénomène de la gyration protoplasmique dans le Chara, la liste des plantes sur lesquelles il avait pu faire des observations analogues (1).

Depuis cette époque, Velten a démontré l'existence de la circulation protoplasmique dans un grand nombre de plantes supérieures et même dans les arbres, non-seulement dans les couches de cambium, mais encore dans des cellules lignifiées (voir la note de la page précédente). Il suffit, pour faire ces observations, de déposer les coupes longitudinales pratiquées à travers les tiges dans une solution de gomme d'autant plus épaisse que la tige étudiée est plus dense, et il est probable que des recherches spéciales, convenablement dirigées, démontreraient que la circulation du protoplasma est un fait général et existant dans toutes les plantes.

Dans certains cas, même, on a pu reconnaître dans le noyau une gyration analogue à celle qui se produit dans la cellule.

Enfin, on constate, dans le protoplasma, des mouvements de déplacement ou de rotation en masse, mouvements qu'on ne peut évidemment reconnaître que par des observations attentives et continuées quelquefois pendant plusieurs jours.

(1) Voici cette liste :
Chélidoine (*Chelidonium majus*), folioles du calice ;
Salsifis (*Tragopogon pratense*), feuilles ;
Pissenlit (*Taraxacum dens-leonis*), feuilles ;
Plantain d'eau (*Alisma plantago*) ;
Caoutchouc (*Ficus elastica*), stipules décortiquées ;
Platane (*Platanus occidentalis*) ;
Figuier ordinaire (*Ficus*) ;
Érable (*Acer Negundo*), stipules ;
Mûrier blanc (*Morus alba*) ;
Aloès divers (*Aloe*), tige et étamines ;
Angélique (*Angelica Archangelica*) ;
Impératoire (*Peucedanum imperatoria*), et presque toutes les Ombellifères à sucs colorés ;
Bryone blanche (*Bryonia vulgaris*) ;
Euphorbe (*Euphorbia Lathyris*), moelle ;
Asclépiade (*Asclepias tuberosa*) ;
Arroche (*Atriplex hortensis*) ;
Laitue (*Lactuca*) ;
Chiendent (*Triticum repens*) ;
Presque toutes les Chicoracées.

Les réactions chimiques du protoplasma sont celles des matières azotées. L'iode le colore en jaune ou en brun ; traité par l'acide nitrique, puis lavé, il se colore en jaune foncé par la potasse. L'action successive du sulfate de cuivre et de la potasse le colore en violet foncé. L'acide sulfurique concentré lui donne d'abord une teinte rose, sans le dissoudre, mais plus tard le dissout en même temps que la coloration disparaît. Les alcalis le dissolvent ou le gonflent en le rendant homogène et transparent, tandis que les acides et l'alcool le contractent et le coagulent. Une température de 50° agit de même.

Le protoplasma vivant reste insensible à l'action des matières colorantes, carmin, hématoxyline, etc., etc. Mais, une fois mort, il se colore, en condensant la matière colorante, et présente une nuance plus foncée que la dissolution elle-même.

Le noyau se comporte comme le protoplasma, dont il n'est qu'une émanation et une dépendance.

Il est à remarquer que la membrane cellulaire, qui est formée par le protoplasma et avec ses éléments, n'acquiert qu'au bout d'un certain temps, relativement court, d'ailleurs, les réactions de la cellulose et conserve jusque-là, d'une manière plus ou moins nette, celles des matières albuminoïdes qui appartiennent au protoplasma.

Préparation. — L'examen de la forme des cellules n'exige pour ainsi dire pas de préparation. Certaines plantes simples, comme les Conferves, des organes très-déliés, comme les poils, permettront toujours de reconnaître la forme des cellules qui les composent, en les plaçant tels quels dans une goutte d'eau sur le porte-objet. Des tranches minces pratiquées dans divers sens à travers les fruits charnus, les tiges herbacées, la moelle, permettent de reconnaître la constitution du tissu cellulaire. Les tranches de bois sont plus difficiles à exécuter convenablement, mais on y parvient avec un peu d'habitude et en s'aidant au besoin des procédés que nous avons indiqués pour les coupes d'os ou de matières dures. On trouvera d'ailleurs beaucoup de préparations de bois toutes faites dans le commerce (1).

(1) Chez M. E. Bourgogne fils, 34, rue du Cardinal-Lemoine, et chez M. J. Bourgogne père, 2, rue Pascal, à Paris.

L'étude de la membrane cellulaire, de ses couches d'accroissement et des aspects différents qu'elle présente dans les cellules ponctuées, rayées, grillagées, etc., etc., exige des préparations plus délicates et des coupes très-minces qu'on ne peut souvent exécuter qu'après avoir fait durcir les tissus dans l'alcool absolu pendant des semaines ou même des mois.

On trouvera des cellules ponctuées dans la moelle de sureau, dans la caroncule de la graine de ricin, dans la tige du coquelicot (*Papaver rhœas*) et de divers pavots, surtout à la partie inférieure, dans les cotylédons des haricots et notamment du *Phaseolus multiflorus.*

Les cellules rayées se trouvent dans les anthères du liseron des champs (*Convolvulus arvensis*), des fuchsia, dans beaucoup de fougères, entre autres le *Pteris aquilina*, où l'on étudiera surtout les cellules ou les vaisseaux scalariformes (dans la tige souterraine). Les cellules annelées se rencontrent dans les anthères des *Convolvulus*, dans la tige du maïs (*Zea mais*), des prêles (*Equisitum*). Les cellules spiralées dans les racines aériennes des Orchidées, dans les *Mamillaria.*

Enfin les cellules grillagées ou cribriformes seront visibles sur des coupes très-fines, après long séjour dans l'alcool absolu, du potiron (*Cucurbita pepo*) ; dans la tige du *Bignonia*, etc., etc. Les cellules présentant les ponctuations aréolées rondes se trouveront dans la plupart des Conifères, et celles dont les ponctuations aréolées sont linéaires dans les tubercules du dahlia.

Ces mêmes tubercules du dahlia permettent de reconnaître les couches internes d'épaississement de la membrane cellulaire ; les systèmes de stries qui se croisent dans ses couches, les canaux poreux, etc., etc. Ces couches et les canaux poreux sont encore assez faciles à voir dans les rhizomes du *Pteris aquilina*, soit qu'on ait isolé les cellules par l'acide azotique et le chlorate de potasse par la méthode de Schultz, soit qu'on examine des coupes durcies dans l'alcool ; les pins (*Pinus strobus*), le *Hoya carnosa* se prêtent aussi à cette étude.

La coloration de la membrane cellulaire à l'aide du chlorure de zinc iodé aide quelquefois à reconnaître les stries et particulière-

ment les pores ou les orifices qui établissent des communications entre les cellules. Ces orifices et les pores apparaissent alors sur les coupes longitudinales comme des points brillants sur la paroi colorée en bleu par l'iode.

Le protoplasma, le noyau, les vacuoles, les cordons ou rubans protoplasmiques sont faciles à reconnaître dans les Conferves, les poils de la plupart des plantes. On étudiera aisément, sur leurs cellules, les réactions du protoplasma, on verra le sac protoplasmique se rétracter sous l'influence de l'alcool et des acides minéraux, mettant ainsi en évidence la cellule primordiale. On reconnaîtra la disposition confuse ou régulière des grains de chlorophylle, la présence et les caractères du noyau.

Quant au mouvement circulatoire, nous avons indiqué plus haut les plantes sur lesquelles on l'observera le plus facilement, par exemple certaines Desmidiées vulgaires dans lesquelles la préparation est toute faite et qu'il suffit d'examiner avec un grossissement suffisant. Les poils qui garnissent l'ovaire des *Tradescantia Virginica*, *discolor*, *zebrina* et autres n'exigent qu'un peu d'attention et un grossissement de 500 diamètres environ (7 N. ou 9 H.), ceux de la rose trémière (*Althœa rosea*), des *Ænothera*, des *Clarkia* sont à peu près aussi faciles à étudier. Les feuilles de la chélidoine, en coupes longitudinales, doivent être examinées au soleil, mais on n'arrive pas toujours à constater le phénomène.

Quant aux Characées, leur préparation est beaucoup plus délicate. Il faut choisir un *Chara fragilis* ou, à son défaut, un autre Chara en état de vigoureuse végétation ; sur un brin qui n'ait été ni blessé ni écrasé, on isole un entrenœud dont on enlève délicatement, par lambeaux, l'épiderme siliceux et on gratte légèrement la couche de carbonate qui incruste le tube intérieur. Lebaillif recommandait de se servir pour cela d'un canif à fil couché, mais un instrument tranchant quelconque peut servir de même. On gratte le tube sur toute la surface, en agissant toujours de gauche à droite, et en ayant bien soin de ne pas percer la paroi cellulaire. On opère d'ailleurs sous la loupe et dans un peu d'eau pour éviter la dessiccation de l'organe. On aperçoit alors les lignes parallèles formées par les grains de chlorophylle, et, en plaçant le fragment végétal dans

une petite cuve couverte d'une lamelle mince, on peut observer les courants très-complexes du protoplasma dans le suc cellulaire sous un grossissement de 100 diamètres.

Ce mouvement dure, pour ainsi dire, indéfiniment si l'on renouvelle l'eau de la cuve, mais au bout de quelques jours le tube s'est recouvert d'une nouvelle couche calcaire qu'il faut enlever avec d'extrêmes précautions. Il est possible d'observer pendant huit et dix jours le double courant dans des cellules ainsi préparées.

Les petits rameaux verticillés de l'extrémité de la tige sont moins chargés de carbonate de chaux et se prêtent plus facilement à l'étude, mais le courant y est plus simple et paraît circulaire le long de la paroi interne.

Parmi les plantes sur lesquelles on peut facilement constater la circulation protoplasmique, citons encore le *Vallisneria spiralis*, qu'on peut conserver presque indéfiniment dans un aquarium, et l'*Hydrocharis morsus ranæ* qu'on trouve dans tous les étangs. On opère sur des coupes modérément minces de la feuille de *Vallisneria* fortement imbibée d'eau et sur des coupes de radicelles un peu fermes et raides. Le courant se manifeste aussi longtemps qu'on entretient l'eau sur le porte-objet.

II. Contenu des cellules.

Les cellules végétales composées, à l'état vivant, d'une membrane cellulaire plus ou moins épaissie, d'un protoplasma de forme variable, contenant lui-même un noyau, des granulations et des gouttelettes huileuses, et d'un suc cellulaire plus ou moins abondant, peuvent renfermer dans leur intérieur diverses substances que nous devons signaler. Ce sont la chlorophylle, les grains d'*amidon*, l'*aleurone*, des *cristalloïdes* et divers cristaux de sels minéraux.

Chlorophylle. — Nous avons déjà signalé l'existence de cette matière colorante verte des plantes qui se trouve répartie, le plus souvent, dans les cellules sous forme de granulations plus ou moins volumineuses. Ces granulations ne sont pas entièrement formées de *chlorophylle*, mais d'une substance fondamentale, qui paraît être

du protoplasma, teinte par la matière verte. Souvent encore il se développe, dans l'intérieur de ces granulations, d'autres substances telles que des grains d'amidon, des gouttelettes d'huile grasse ou essentielle. La chlorophylle elle-même est soluble dans l'alcool ; on peut donc la séparer de la substance fondamentale amylacée ou protoplasmique qui compose les granules. Sa solution alcoolique est dichroïque, c'est-à-dire qu'elle paraît de deux couleurs différentes suivant qu'on l'examine à la lumière directe ou à la lumière réfléchie. Dans le premier cas, elle est rouge et dans le second d'un vert opalin.

Les granulations de chlorophylle sont souvent disposées en figures régulières, par exemple, en bandes spirales, comme dans les *Spirogyra*, ou par groupes étoilés, comme dans le *Zygnema cruciatum*.

Le plus ordinairement, elles sont rassemblées en masses irrégulières dans toute la capacité de la cellule ou seulement dans une de ses parties. Leur nombre, dans la même cellule, est d'ailleurs très-variable, ainsi que leur volume.

Avec l'âge, les grains de chlorophylle s'altèrent, ce qu'on observe, par exemple, à l'automne, quand les feuilles disparaissent. La matière amylacée s'y accumule ordinairement, si bien que la substance verte ne forme plus qu'une sorte d'enduit extérieur au granule, enduit qui peut même disparaître entièrement. En même temps, la matière protoplasmique ainsi que la chlorophylle sont résorbées dans les parties caduques de la plante et emmagasinées dans les parties vivaces, tige, racine ou bulbe (Sachs).

Quant au changement de couleur qu'éprouvent certaines parties vertes qui deviennent jaunes, rouges ou brunes, il est dû le plus souvent à une matière colorante particulière qui s'accumule dans le suc cellulaire. On en a un exemple dans la vigne vierge (*Cissus quinquefolia)* dont les feuilles deviennent pourpres, à l'automne, par la formation d'une matière colorante rouge, dans les cellules, pendant que la chlorophylle disparaît.

Souvent aussi la chlorophylle est mélangée à d'autres matières colorantes qui produisent des tons jaunes, rouges, bruns, ou bleuâtres dans les feuilles et les parties qui, d'ordinaire, sont vertes. On

sait que dans certaines Algues (Floridées) la matière colorante des frondes est d'un rouge rubis.

La lumière exerce sur le développement de la chlorophylle et sur sa coloration la plus grande influence. On sait que les plantes qui poussent dans l'obscurité restent incolores ou jaunâtres. Si l'on examine les grains de chlorophylle qui existent dans les cellules de ces plantes, on les trouve de couleur jaunâtre ; mais si ces plantes sont exposées à la lumière, les grains deviennent bientôt verts. Toutefois, dans les cotylédons des Conifères et dans les feuilles des Fougères, ils naissent verts, même dans une obscurité complète, si la température est suffisamment élevée.

La lumière et la chaleur peuvent même faire éprouver aux grains de chlorophylle des mouvements très-remarquables, indépendamment de ceux auxquels ils sont sujets quand ils sont entraînés dans les courants protoplasmiques de la circulation intra-cellulaire, circulation qui se manifeste en l'absence de toute lumière. Ce phénomène avait déjà été remarqué dans les Crassulacées, mais il est facile à observer dans les mousses et c'est dans les espèces du genre *Mnium* qu'il a été le mieux étudié. Si l'on place la feuille de cette mousse, formée d'une seule couche de cellules sans épiderme, sur le porte-objet, on remarque que les grains de chlorophylle sont disséminés pendant le jour le long des parois superficielles des cellules. Pendant la nuit, au contraire, ces mêmes grains se rassemblent contre les parois latérales. De sorte que si l'on examine une mousse qui a été maintenue pendant une journée, par exemple, à l'obscurité, elle paraît comme un réseau vert sur un fond transparent, tous les grains de chlorophylle étant rassemblés le long des parois latérales dont ils accentuent les contours. Mais au fur et à mesure que la lumière solaire (ou même celle d'une lampe) vient les frapper, on voit les mêmes grains se déplacer lentement et venir s'étaler sur les faces superficielles, de telle sorte que la feuille ne paraît plus qu'une nappe verte sur laquelle les contours des cellules ne sont marqués que par la seule épaisseur des parois (Famitzin).

Il est utile, pour que l'expérience réussisse, que la plante soit bien vivante et que la température de la pièce où l'on opère soit assez

élevée. Les mouvements sont très-lents et l'on ne peut bien s'en rendre compte qu'en dessinant de temps à autre, à la chambre claire, la position exacte de certains grains plus apparents ou plus faciles à reconnaître.

Des phénomènes semblables ont été observés sur des plantes Phanérogames, et si l'on veut les étudier, il faut choisir de préférence les plantes dont les cellules renferment un petit nombre de grains de chlorophylle écartés les uns des autres (Borodine, Rose et Prilleux).

Les panachures blanches, qu'on remarque sur certaines feuilles, sont dues à l'absence de chlorophylle dans les parties blanches. Les variétés ainsi obtenues par étiolement sont, en général, peu stables ; très-souvent, lorsqu'elles sont soumises à une culture généreuse, elles perdent leurs panachures, la chlorophylle s'y développant et y verdissant bientôt comme dans les autres parties.

Nous devons signaler encore ici une hypothèse assez ingénieuse qui ferait de la chlorophylle verte un mélange de deux matières colorantes, l'une jaune très-stable, et l'autre bleue éminemment instable. La matière jaune naîtrait la première, même en l'absence de la lumière, et persisterait la dernière dans les feuilles jaunies par l'automne ; la matière bleue se formerait sous l'action de la lumière, et de ce mélange naîtrait la coloration verte. Mais bientôt, la couleur bleue se détruisant, les feuilles cesseraient d'être vertes pour rester jaunes jusqu'à leur chute.

En effet, la chlorophylle traitée par un mélange de deux parties d'éther et d'une partie d'acide chlorhydrique étendu d'un peu d'eau, donne une liqueur dont la couche supérieure, éthérée, est jaune et la couche inférieure, aqueuse et acide, est bleue (Morot).

Matière amylacée. — La *matière amylacée*, qui porte le nom d'*amidon* quand elle provient des graines de Graminées, et de *fécule* quand elle provient des autres plantes, est une des substances les plus intéressantes à étudier pour le micrographe. Elle est extrêmement répandue dans toutes les plantes, et elle constitue à elle seule toute cette grande classe de nos aliments que les physiologistes désignent sous le nom d'aliments respiratoires.

L'amidon ou la fécule se présentent sous la forme de grains plus

ou moins arrondis et de volume variable, marqués d'un point sombre qu'on appelle le *hile*, central ou excentrique. Autour de ce point, on distingue des zones concentriques qui sont formées par la superposition d'un grand nombre de lamelles ou de feuillets. On met ces feuillets en évidence en chauffant les grains dans un peu d'eau ; ils éclatent alors en absorbant l'eau, se gonflent et s'ouvrent, pour ainsi dire, comme le bouton d'une fleur. Ce sont les grains d'amidon ainsi rompus, imbibés et agglutinés les uns aux autres qui constituent ce qu'on appelle l'*empois*.

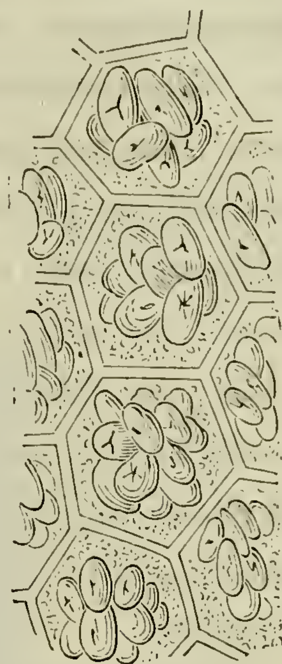


Fig. 89. — Coupe du parenchyme des tubercules de pomme de terre montrant les grains de fécule dans les cellules.

Chaque grain d'amidon se compose de matière amylacée, d'eau, d'une très-petite quantité de sels minéraux et, probablement aussi, de cellulose qui forme comme une charpente ou un squelette à la matière amylacée proprement dite. On désigne souvent cette dernière sous le nom de *granulose ;* sa composition chimique est d'ailleurs semblable à celle de la cellulose, mais elle bleuit directement par l'iode, et si on la dissout en maintenant des grains d'amidon pendant quelques jours dans de la salive à une température de 35° à 40°, il reste la charpente de cellulose dont le poids ne dépasse pas 6 p. 100 de celui du grain. Cette charpente ne bleuit pas par l'action de l'iode, mais seulement quand on l'a traitée par l'acide sulfurique, et bleuit, au contraire, par l'action du chlorure de zinc iodé, caractères connus de la cellulose.

On peut constater que, dans les cellules, les grains d'amidon se développent toujours dans le protoplasma; lorsqu'ils pénètrent dans le suc cellulaire, ils cessent de s'accroître. Leur accroissement se fait par intussusception autour d'un noyau dense renfermant un centre très-mou et très-aqueux. Les couches successives qui le recouvrent sont alternativement plus denses ou moins aqueuses et moins denses et plus aqueuses ; la couche externe est la plus dense avec celle qui entoure le noyau. La multiplication de ces couches se fait de la manière suivante : les couches denses se subdivisent

en trois lamelles par la formation d'une zone médiane aqueuse au milieu de leur épaisseur, tandis que les couches aqueuses se subdivisent de même en trois lamelles par la formation d'une couche dense au milieu de leur épaisseur. Toutes ces couches ne se développent pas toujours également, ce qui fait que le grain n'est pas sphérique ; beaucoup d'entre elles manquent en certaines parties, donnant ainsi au grain des formes diverses, toujours arrondies, mais irrégulières, quelquefois à peu près symétriques autour d'une ligne qu'on appelle l'axe du grain. En raison de leur densité différente, ces couches ont des pouvoirs réfringents divers aussi, ce qui les rend visibles par la lumière transmise (Nägeli).

On peut donc considérer les variations de la quantité d'eau dans les différentes couches comme la cause de la constitution stratifiée du grain, mais, d'une manière générale, on constate que les couches internes sont proportionnellement plus aqueuses que les couches externes.

Le noyau peut n'être pas sphérique, mais lenticulaire ou ellipsoïde, ou même double ou multiple, d'où résultent des grains composés, muriformes ou d'aspect fragmenté qu'on trouve souvent dans les plantes à croissance rapide (Haricots, Cucurbitacées, etc., etc.).

La constitution lamellaire des grains de fécule et d'amidon se révèle d'une manière frappante quand on examine ceux-ci dans la lumière polarisée. Lorsque les prismes de Nicol sont croisés, chaque grain paraît brillant, mais coupé de deux bandes noires ou sombres qui se croisent sur le hile. Ces deux bandes indiquent les deux sens suivant lesquels la lumière polarisée incidente peut se transmettre à travers le grain sans éprouver de dérangement dans le sens primitif de sa polarisation, autrement dit les parties du grain qui n'agissent pas sur la lumière polarisée (fig. 90).

Quand on place des lames sensibles de gypse au-dessus du prisme polarisateur, on obtient des phénomènes de coloration très-remarquables, et en examinant la disposition des couleurs complémentaires, on remarque qu'elle est *positive*, c'est-à-dire que le vert apparaissant en avant et en arrière, le rouge se montre à droite et à gauche (Molh). D'après les idées de Max Schultze, cette disposition indiquerait que la densité des couches internes est plus

grande que celle des couches externes. Or, cette conclusion est contraire à ce que nous savons et ce que démontre l'ensemble de tous les phénomènes observés sur l'amidon, c'est-à-dire que les couches internes sont moins denses et plus aqueuses que les couches externes. Ce fait est, d'ailleurs, rendu évident par la diminution graduelle du pouvoir réfringent des couches de plus en plus profondes, et par la diminution dans le même sens de la cohésion.

Lorsqu'en effet on dessèche les grains d'amidon, on remarque qu'ils s'éclatent et se fendillent. Mais les fissures se font au centre

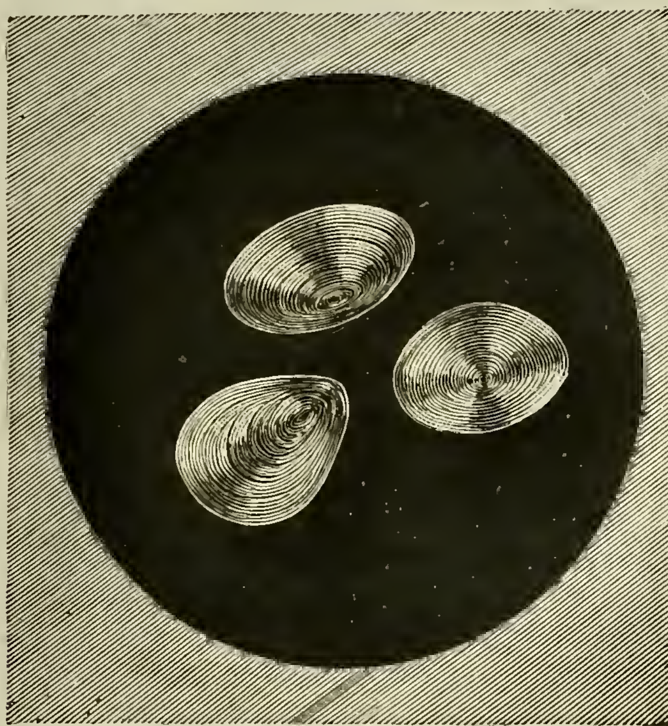


Fig. 90. — Fécule dans la lumière polarisée.

du grain, partie plus molle et qui perd plus d'eau, et vont en diminuant de largeur vers la périphérie qu'elles n'atteignent pas toujours, et qui se révèle comme beaucoup plus dure et perdant beaucoup moins d'eau (fig. 91, C. E). En même temps, l'apparence stratifiée disparaît, par la raison que toutes les couches se desséchant, acquièrent la même densité et le même pouvoir réfringent. Il en est de même quand on gonfle les grains, soit par l'eau, soit par la potasse : toutes les couches, en se saturant d'eau, prennent la même densité et la même action sur les rayons lumineux qui les traversent comme une substance homogène, et ne révèlent plus la stratification.

Chauffé à sec vers 200°, l'amidon se transforme en dextrine et devient soluble dans l'eau. Les acides agissent de même à froid, et l'action se poursuivant, la dextrine se transforme en glucose.

Chauffés avec de l'eau ou en présence d'un alcali, les grains d'amidon se gonflent, comme nous l'avons dit, en absorbant de l'eau et peuvent prendre un volume 125 fois plus grand qu'à l'état sec, mais les fécules extraites des diverses plantes ne sont pas toutes aptes au même degré à se gonfler en absorbant de l'eau. Dans ce

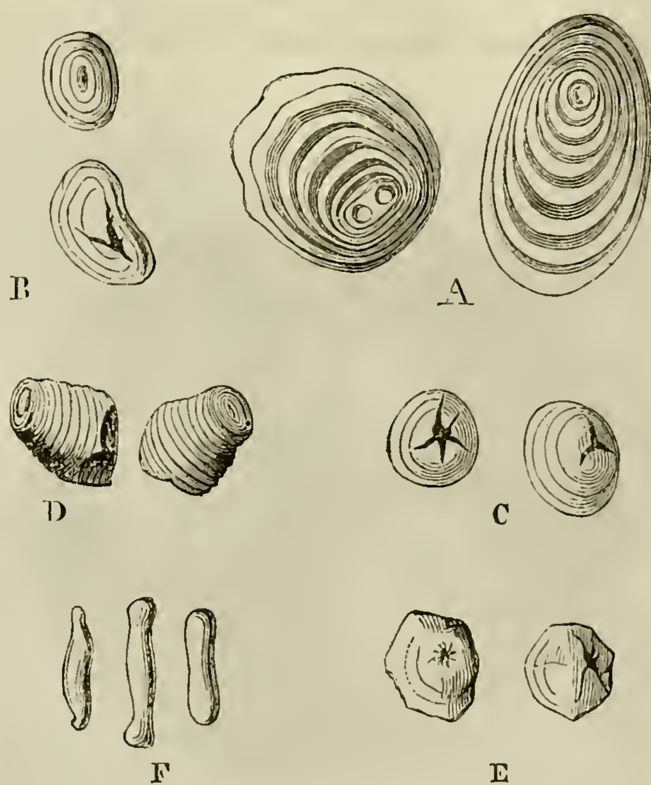


Fig. 91. — Fécules diverses.

A, fécule de pomme de terre; B, amidon de blé; C, fécule de lentille; D, arrow-root; E, maïs; F, fécule du suc d'*Euphorbia lathyris*.

phénomène, ce sont surtout les couches internes qui se saturent d'eau et se dilatent, tandis que la couche externe reste peu impressionnée, mais elle éclate sous l'effort du gonflement intérieur. On trouve dans l'empois des fragments de pellicules provenant de la lamelle externe éclatée des grains gonflés.

La forme et le diamètre des grains d'amidon varient à l'infini et, quoiqu'ils soient loin d'avoir toujours dans la même plante la même forme et la même grosseur, une étude microscopique attentive permet de reconnaître avec une grande exactitude la provenance des diverses fécules, ce qui, au point de vue de la recherche des

falsifications dans les matières alimentaires, par exemple, présente un haut degré d'intérêt (1).

Quant au volume des grains amylacés bien que très-variable dans une même cellule, où l'on peut trouver des grains 70 fois plus gros que d'autres, il offre, pour la même plante, ce caractère que certains grains, d'un diamètre à peu près uniforme, dominent, ce qui peut guider d'une manière assez exacte dans la reconnaissance des fécules.

C'est ainsi que le diamètre ordinaire des grains de la fécule de pomme de terre est $0^{mm},145$. Dans l'*arrow-root*, qui est la fécule d'une Marantacée (*Maranta arundinacea*), le diamètre ordinaire

(1) M. Ch. Robin classe de la manière suivante les formes des grains de fécule :

A. *Grains amorphes.* — (Graines de Cardamome, écorces de Salsepareilles de la Jamaïque, etc., etc.).

B. *Grains simples.* — (La plupart des plantes).

I. Grains arrondis ou polyédriques à angles mousses.

a. Grain sans hile apparent :

Tels que les plus petits granules de la plupart des fécules, riz, etc.

b. Avec hile.

1° Couches concentriques autour du hile ;
Grains ovoïdes, (pomme de terre);
Grains conchoïdes (Liliacées) ;

2° Couches concentriques peu évidentes ou nulles ;
Graines arrondies ou polyédriques (Maïs, Apios) ;

c. Grain avec hile, fissure étoilée ;
Avec ou sans couches concentriques (Légumineuses) ;
Grains en gobelet, cyathiformes (rhizomes des Iris).

II. Grains lenticulaires :
Hile creux, déchiré, central ou excentrique, petit et arrondi ou allongé ou étoilé, avec ou sans couches concentriques (Blé, Seigle, etc.).

III. Grains en disques aplatis :
Avec ou sans couches apparentes, (Arrow-root, Amomacées, Marantacées, etc.).

IV. Grains en bâtonnets :
Avec hile allongé (dans le suc de plusieurs Euphorbiacées).

V. Grains irréguliers (*id.*).

C. *Grains composés* ou *cohérents :*

a. Grains centraux de l'agglomération dépourvus de centre de réfraction ou hile :

1° Réunis au nombre de deux à quatre d'après un type simple (Marantacées) ;

2° Réunis au nombre de cinq à six, types réguliers ou irréguliers (Salsepareilles diverses).

b. Grains centraux de l'agglomération montrant un hile évident :

1° Tous les granules de l'agglomération, presque de même grosseur, réunis par deux ou quatre ;
Hile petit, arrondi (Manioc) ;
Hile gros, étoilé (Arums).

2° Un gros grain réuni à beaucoup de petits (Sagou).

est $0^{mm},140$. La fécule de lentille mesure $0^{mm},067$, celle de haricot $0^{mm},063$; l'amidon de blé $0^{mm},050$; l'amidon de millet $0^{mm},010$ et celui de riz de $0^{mm},001$ à $0^{mm},006$.

Il est à remarquer que les très-petits grains comme ceux du riz, du *Sparganium ramosum* et tous ceux dont le diamètre est inférieur à $0^{mm},007$ n'agissent pas sur la lumière polarisée parce qu'ils ne sont pas lamelleux.

Préparation. — La recherche de l'amidon dans les cellules est très-facile : des coupes modérément minces à travers le parenchyme des tubercules de Pomme de terre, de Topinambour, d'Arum, des cotylédons du Haricot, du Pois, de la Fève, suffisent pour en montrer les grains *in situ*. Dans les farines de céréales et de légumineuses, on trouvera les grains libres, mêlés à des débris de cellules. La coloration bleue que l'eau iodée communique à la matière amylacée fournit, d'ailleurs, un moyen d'investigation des plus commodes pour reconnaître sa présence dans les divers organes des plantes où elle se trouve quelquefois disséminée en grains rares et isolés.

On étudie l'effet des réactifs acides ou alcalins sur des préparations différentes, en remarquant que l'action est quelquefois lente. On chauffe l'amidon dans un peu d'eau, sur le porte-objet, pour voir éclater les grains et reconnaître les lamelles exfoliées.

On peut aussi pratiquer des coupes minces à travers les grains d'amidon par le procédé que nous avons décrit (page 129), et si l'on veut étudier le squelette celluleux, on peut employer divers réactifs qui dissolvent la granulose. On pourra choisir pour cette étude la fécule des graines de *Canna indica*. On la met digérer dans la salive à 35° ou 40° pendant une huitaine de jours, ou à la température de 50° à 55° pendant cinq ou six heures. La fécule de pomme de terre, l'amidon de blé, se prêtent aussi à cette expérience. La diastase, la pepsine, les acides lactique et acétique, agissent de même, ainsi que les acides sulfurique et chlorhydrique ; ceux-ci doivent être employés très-dilués pour ne pas attaquer la cellulose, mais il faut laisser leur action se prolonger assez longtemps (Nägeli). D'après Fr. Schulze, une solution saturée de sel marin, additionnée de 1 pour 100 d'acide chlorhydrique.

opère la dissolution de la granulose en quatre jours à une température de 60°. Le résidu présente alors très-nettement l'organisation du grain d'amidon; il ne bleuit pas par l'iode et manifeste tous les caractères de la cellulose.

L'examen de l'amidon à la lumière polarisée ne présente aucune difficulté, et la fécule de pomme de terre donne des résultats très-nets ainsi que toutes les fécules dont le diamètre est supérieur à $0^{mm},007$. On fait ces expériences sur des fécules préparées dans la glycérine ou les huiles.

Si l'on veut rechercher la présence de certaines fécules dans une matière féculente donnée, il faudra opérer sur une petite quantité de substance délayée dans l'eau froide, y ajouter, si l'on veut, un peu d'eau iodée pour mettre en évidence tout ce qui est amylacé, et examiner non-seulement la forme et le volume des grains d'amidon, mais encore leur mode de groupement. En faisant quelques études préalables sur des fécules d'origine certaine, on reconnaîtra bien vite ces fécules quand elles seront mélangées à d'autres.

C'est ainsi que les farines alimentaires dites de santé, *Ervalenta*, *Revalescière*, *Racahout*, *Palamoud*, etc., se révèleront comme étant essentiellement composées de farine de lentille (*Ervum lens*).

L'examen dans la lumière polarisée sera aussi très-utile dans ces recherches.

Ajoutons que les préparations d'amidon destinées à être conservées en collection doivent être faites dans la glycérine ou dans l'huile fixe.

Aleurone. — A côté de l'amidon, les graines féculentes renferment toujours, outre une quantité plus ou moins grande de matière grasse, une proportion notable de substance albuminoïde. Celle-ci, dans les graines très-farineuses et peu grasses, se présente sous forme de très-fins granules qui entourent les grains d'amidon, dans chaque cellule, comme dans le Pois (*Pisum sativum*). Mais dans les graines oléagineuses, au lieu d'amidon on trouve, au milieu d'une substance fondamentale plus ou moins homogène, protoplasmique, mêlés à des gouttes de graisse, des grains arrondis ou anguleux ressemblant aux grains d'amidon, mais qui jaunissent par

l'iode et sont formés d'une substance azotée albuminoïde. Ce sont des grains d'*aleurone*, découverts par Hartig en 1855.

Les grains d'aleurone sont composés d'une membrane ou pellicule azotée renfermant diverses matières, quelquefois des cristaux d'oxalate de chaux en aiguilles ou en groupes, quelquefois des amas arrondis, en forme de grappe, et qu'on appelle *globoïdes*, d'un phosphate tribasique de chaux et de magnésie(1), d'autres fois enfin un solide à formes géométriques qu'on désigne sous le nom de *cristalloïde* (fig. 92).

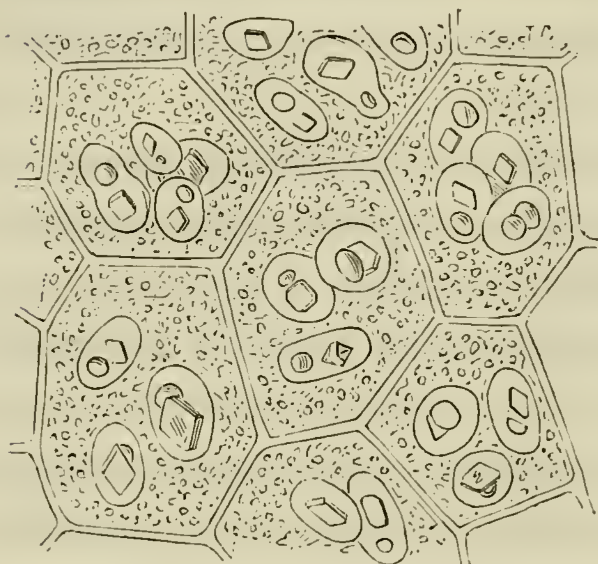


Fig. 92. — Grains d'aleurone avec globoïdes et cristalloïdes, au milieu des gouttelettes huileuses (Graine du Ricin examinée dans la glycérine étendue : Grossissement 600 diam.).

Ces cristalloïdes sont des productions très-remarquables ayant la forme de cubes, de tétraèdres, d'octaèdres, de rhomboèdres, etc., mais dont les angles varient dans diverses circonstances. Ils sont formés d'une ou plutôt de deux substances azotées (Nägeli) inégalement solubles, dont l'une, par exemple, se dissout dans la glycérine et dans les acides dilués, laissant la seconde comme le squelette ou la charpente du cristalloïde.

Les cristalloïdes des granules d'aleurone sont insolubles dans l'eau et l'alcool, mais ils peuvent se gonfler beaucoup sous l'influence de certains réactifs ; la potasse, même excessivement diluée, les dissout, mais en agissant avec précaution, on peut isoler la fine membrane qui les enveloppe. Ils se comportent donc comme une vésicule de matière albuminoïde qui aurait une forme géométrique. Hartig pense qu'ils existent tout formés dans les grains d'aleurone ; mais il peut se faire qu'ils ne prennent la forme géométrique que sous l'influence de l'eau (Trécul). Nous reviendrons un peu plus loin sur ce sujet.

Les grains d'aleurone peuvent être entièrement solubles dans

(1) Ce phosphate nous paraît contenir deux équivalents de magnésie et un équivalent de chaux : $2\,MgO, CaO, PhO^5$.

l'eau, comme ceux des graines de Pivoine, y être en partie solubles, comme ceux des Lupins, ou insolubles, comme ceux des graines de Cynoglosse. Ils sont tous éminemment solubles dans la potasse.

Les globoïdes, aussi bien que les cristaux d'oxalate de chaux, sont insolubles dans l'eau, mais solubles dans les acides chlorhydrique et acétique. Le globoïde, ainsi dissous, laisse aussi une mince membrane de charpente.

Ainsi, certains grains d'aleurone ne renferment rien qu'une substance protéique, légèrement stratifiée, un peu molle, ressemblant à l'amidon, mais ne bleuissant pas par l'iode, n'agissant pas sur la lumière polarisée et donnant toutes les réactions des matières albuminoïdes, jaunissant par l'acide nitrique, par l'iode, etc.

Tantôt ils renferment un cristal d'oxalate de chaux, mais le plus souvent, presque toujours, ils contiennent un globoïde ou même plusieurs (*Lupinus luteus*, *polyphyllus*, etc., etc.). Quelquefois, ils contiennent un globoïde et un cristal, comme dans la Vigne ; ou même, on trouve dans une cellule des grains contenant des globoïdes, tandis que la cellule voisine renferme des grains à cristaux d'oxalate calcaire. Dans certaines plantes, la Vigne, l'*Elais guyanensis*, le Lupin jaune, chaque cellule possède un gros grain d'aleurone, entouré de petits.

Enfin, les grains peuvent contenir des cristalloïdes, forme beaucoup plus rare, d'ailleurs, que les précédentes : l'*Elais guyanensis* parmi les Palmiers, l'*Œthusa sinapium* parmi les Ombellifères, le *Myristica moschata* (Muscadier), toutes les Euphorbiacées, et notamment le Ricin, peuvent en fournir de beaux exemples.

Les grains d'aleurone ont un diamètre, de $0^{mm},001$ à $0^{mm},037$. Ils ne se forment que dans les graines parvenues à leur dernier degré de développement. On les trouve mêlés à l'amidon dans les graines des Légumineuses. Dans les Polygonées, Chénopodées, Phytolacées, Amaranthacées, Portulacées, Caryophyllées, l'albumen de la graine contient de l'amidon, mais l'embryon renferme de l'aleurone. Dans les Composées, Violariées, Labiées, Papavéracées, Crucifères, Rosacées, Euphorbiacées, etc., on trouvera l'aleurone tout seul.

Ainsi, à mesure que le grain mûrit, la matière grasse s'accumule dans la masse fondamentale interstitielle et l'amidon se remplace peu à peu par l'aleurone, c'est ce qu'on peut étudier sur des graines de Pivoine à différents états de maturité. Mais l'amidon peut ne pas disparaître pendant que la matière azotée s'organise en grains d'aleurone qui englobent des cristaux et des globoïdes, et que les gouttelettes huileuses se groupent dans les interstices. C'est ce qu'on observe dans le Haricot et beaucoup d'autres Légumineuses.

A notre avis, il ne paraît pas absolument prouvé que l'aleurone soit une substance bien définie, et ses grains des corpuscules organisés, comme ceux de l'amidon. Leur formation nous semble résulter de la dessiccation de l'albumen et du fractionnement de la matière azotée intra-cellulaire, sous l'influence de cette dessiccation, en même temps que de la production de gouttes graisseuses qui s'interposent. En se desséchant et s'émiettant, pour ainsi dire, la matière azotée, le suc cellulaire, si l'on veut, englobe les vésicules cristalloïdes ou globoïdes, qui se sont formés, encore, par suite de la dessiccation de la substance protoplasmique, et la graine reste en cet état jusqu'au moment où la germination venant y ramener l'humidité, la partie qui ne s'est pas granulée (masse fondamentale protoplasmique) se gonfle, ainsi que la partie granulée (aleurone) ; ces deux matières se réunissent et régénèrent le contenu cellulaire primitif.

Les cristalloïdes, en effet, ne se trouvent pas que dans les grains d'aleurone. On les rencontre enfermés dans le protoplasma des cellules centrales des tubercules de pommes de terre, dans le *Lathrœa squammaria*, en grande abondance dans la noix du Para (*Bertholletia excelsa*) où ils sont mélangés à la matière grasse qui gorge les cellules de ce fruit, et dans beaucoup de graines oléagineuses ; en général ils se rencontrent dans les cellules où sont emmagasinées, pour un emploi ultérieur, les substances nutritives. On trouve même des cristalloïdes colorés dans les pétales des fleurs, comme dans la Pensée (*Viola tricolor*) dans les *Orchis*, etc. Ils semblent donc comme une forme concentrée de la matière azotée protoplasmatique qui se trouve englobée dans la masse environ-

nante, ici dans un excès de cette même matière protoplasmatique qui s'est granulée et qui constitue ainsi les grains d'aleurone, là dans la matière grasse ; ailleurs encore, comme dans la Pomme de terre, dispersée au milieu des grains de fécule.

Préparation. — On étudie assez facilement l'aleurone sur les cotylédons du Pois où il se trouve en granulations fort petites mêlées à de gros grains de fécule, ce qui permet de différencier immédiatement les deux substances ; par exemple, à l'aide de l'eau iodée. Il faut employer un grossissement considérable, et d'environ 800 diamètres (obj. 7 Nachet, 9 ou 10 Hartnack, 9 Vérick, F. Zeiss), et opérer sur des tranches très-minces.

Dans les graines d'Ombellifères, on reconnaîtra les grains d'aleurone contenant tantôt un globoïde et tantôt un cristal d'oxalate de chaux. Dans le pépin du raisin, on pourra trouver, à la fois, un globoïde et un cristal dans le même grain. Les plus gros globoïdes se trouvent dans le pépin du raisin où l'on reconnaîtra, en même temps, un gros grain d'aleurone, dans chaque cellule, accompagné de plusieurs petits. Quant aux cristalloïdes englobés dans les grains d'aleurone, on les trouvera surtout dans l'albumen du Ricin.

Dans les graines très-huileuses, il est souvent indispensable de dissoudre la graisse dans la benzine pour isoler les grains d'aleurone et les mettre en évidence.

Si l'on dissout d'abord la graisse, par l'alcool, et ensuite l'aleurone, par la potasse, il reste un réseau azoté, quelquefois très-élégant, formé par la masse fondamentale protoplasmatique.

On trouve, dans l'albumen des graines de Pivoine, des grains d'aleurone montrant quelques couches stratifiées ; il faut opérer sur des coupes de graines traitées avec de l'alcool mêlé d'un peu d'acide sulfurique et lavées ensuite avec de l'eau distillée. Mais ces couches sont peu nombreuses, peu consistantes et recouvrent un centre amorphe. En raison de cette disposition, ces grains sont légèrement doués de la double réfringence.

Quant aux cristalloïdes, on peut obtenir en grand nombre ceux qui sont mêlés à la matière grasse dans la Noix du Para (fruit du *Bertholletia excelsa*). Pour cela on dissout dans l'éther la benzine

ou une huile grasse, le parenchyme pulvérisé de la noix, et, en abandonnant la liqueur au repos, on voit les cristalloïdes se déposer sous forme d'un amas pulvérulent dont le microscope dévoile la forme régulière.

Cristaux. — On trouve souvent dans les cellules végétales de véritables cristaux formés de sels minéraux, au nombre desquels il faut citer surtout le carbonate et l'oxalate de chaux.

Le carbonate de chaux se montre rarement sous forme de cristaux bien définis, mais plutôt de concrétions ou d'incrustations dont la nature cristalline n'est guère révélée que par leur action sur la lumière polarisée. Ces concrétions sont, en effet, douées de la double réfraction comme le spath d'Islande (carbonate de chaux cristallisé). Elles se dissolvent avec effervescence dans l'acide chlorhydrique, et la solution, si l'on peut l'obtenir en quantité notable, se comporte avec les réactifs comme une dissolution calcaire.

On rencontre ces concrétions, sous des formes plus ou moins compliquées, dans les cellules épidermiques des Figuiers, Mûriers, Houblon, du *Broussonnettia papyrifera* (Mûrier à papier), *Bœhmeria argentea* et beaucoup d'autres Urticées, toutes plantes textiles. On les désigne souvent sous le nom de *cystolithes*.

L'oxalate de chaux se trouve très-fréquemment sous forme de cristaux en tables rhomboïdales, ou en aiguilles, ou en faisceaux d'aiguilles prismatiques. On les nomme *raphides*. On pourra les étudier sous cette forme d'aiguilles dans la Vigne vierge (*Cissus quinquefolia*) dans les ovaires et les anthères du Fuchsia, dans la Balsamine (*Impatiens balsamina*); dans la moëlle du *Kerria japonica*, du Ricin commun, d'un grand nombre d'Aroïdées, *Caladium odorum*, *Philodendron pertusum*, *Anthurium*, dans les poils des *Cucurbita*, on les trouvera en groupes plus ou moins complexes. Dans le pétiole et les feuilles du Begonia, la tige et la racine des Haricots, dans les bulbes de l'Ail ordinaire et dans l'épiderme de l'Oignon, on les rencontrera sous forme de grands cristaux isolés.

Il arrive aussi très-souvent que ces cristaux se forment sur la paroi ou même dans la membrane cellulaire d'où, quelquefois, ils pénètrent dans plusieurs cellules à la fois ou dans des lacunes

aériennes. On observera ce dernier cas dans le *Caladium odorum*, par exemple ; et dans un grand nombre de Conifères, particulièrement appartenant à la tribu des Cupressinées, on verra les cristaux développés dans les membranes cellulaires.

En général, les cellules envahies par un cristal, surtout si celui-ci est volumineux, ne contiennent plus de protoplasma, ni de noyau, ni de chlorophylle, mais seulement un liquide gommeux qui est peut-être l'eau mère restant après la cristallisation du suc cellulaire.

Préparation. — Nous n'avons ici aucune indication spéciale à donner. Pour observer les cristaux des cellules, il suffit de faire une coupe mince à travers le tissu d'une des plantes que nous avons désignées ou de beaucoup d'autres que l'on pourra rencontrer, et d'en étudier soit la moelle, soit le parenchyme des pétioles et des feuilles, soit l'épiderme. Nous recommandons comme facile la préparation des bulbes de l'Ail et de l'épiderme ou des écailles des bulbes de l'Oignon, pour les cristaux isolés ; celle du pétiole des Aroïdées, de la feuille du Pourpier (*Portulaca oleracea*), de la Balsamine, pour les cristaux agglomérés ; de la Vigne vierge, de l'*Aloe micrantha*, du pétiole des Hémérocalles (*Funkia*), en coupes longitudinales, pour les raphides ou cristaux en aiguilles ; enfin, celles des feuilles du Caoutchouc (*Ficus elastica*), des Mûriers, de l'épiderme des *Justicia* pour les cystolithes en concrétions grenues.

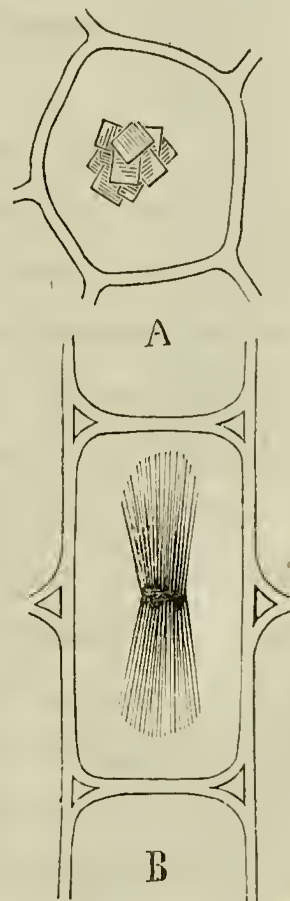


Fig. 93. — B, raphides du *Dracæna Brasiliensis* ; A, raphides dans le pétiole du *Philodendron pertusum*.

III. Multiplication des cellules.

La multiplication des cellules qui composent le tissu des plantes, pour être un phénomène qui se produit incessamment autour de

nous, n'en est pas moins un des plus admirables, et l'on peut dire des plus merveilleux auxquels il nous soit donné d'assister.

N'est-il pas merveilleux, en effet, de voir que la spore microscopique composée d'une cellule unique, mesurée par quelques millièmes de millimètres, qui représente la graine d'un Champignon, d'un de ces énormes *Lycoperdon* qui poussent dans nos bois, puisse, en une nuit, en quelques heures, se multiplier des milliards de fois et reproduire un Champignon aussi gros que celui dont elle est issue ?

Ne voit-on pas dans nos jardins des Citrouilles augmenter de plus d'un kilogramme en une journée, des Bambous lancer des tiges d'un demi-mètre, des Fritillaires émettre des pousses deplusieurs centimètres, du lever du soleil à son coucher? — Or, combien de millions de cellules représentent ces accroissements si considérables et si rapides des tissus végétaux !

Comment se fait cette multiplication, comment se produit cette genèse des cellules ? — Cette étude, bien qu'elle ne se puisse faire sans le secours du microscope, est du domaine de la Botanique, ou du moins de la morphologie botanique, et nous ne pouvons que l'effleurer ici, car elle exige non pas une observation d'un moment, mais des recherches longues, continuées, et le plus souvent très-délicates.

Étudiée, cependant, sur certaines plantes simples, notamment sur certaines Algues, la formation des cellules est assez facile à suivre pour qu'on puisse se faire une idée suffisamment exacte de ce qu'elle est chez les plantes d'une organisation plus compliquée.

D'une manière générale, on peut dire que la multiplication des cellules se fait par division de la cellule ou des cellules préexistantes, autant du moins que celles-ci doivent produire des cellules semblables à elles-mêmes. On peut assister au phénomène de la division des cellules en examinant les Algues unicellulaires, les *Protococcus*, qui se forment, comme une mince couche verdâtre et pulvérulente, en automne et en hiver, au pied des murs et des arbres humides ; mais c'est surtout sur les Conferves, *Zygnema*, *Spirogyra*, etc., etc., que l'on peut suivre le phénomène dans toutes ses phases.

C'est pendant la nuit que ces Algues se multiplient. Donc, on s'emparera au milieu de la nuit de quelques filaments d'une Conferve de grosse espèce, que l'on trouve très-facilement (*Spirogyra elongata*, par exemple). On les choisira en pleine végétation, et on les portera sous le microscope, ou bien on les plongera dans l'alcool étendu qui les tuera, et tout en rétractant le protoplasma, laissera chaque chose en place dans les cellules où on la retrouvera le lendemain, pour faire les observations à la lumière du jour.

On surprendra alors les cellules à toutes les phases de la segmentation. On verra d'abord des cellules dans lesquelles le noyau commence à se diviser en deux parties, autour desquelles le protoplasma se groupe en deux masses que sépare un étranglement. Cet étranglement devient de plus en plus tranché si bien que le protoplasma est divisé en deux parties qui se séparent constamment en même temps que les deux noyaux s'éloignent l'un de l'autre. Dans ces cellules, la paroi montre au niveau de l'étranglement du protoplasma un bourrelet annulaire qui, sur les cellules plus avancées, pénètre de plus en plus profondément dans la lumière de la cellule. Enfin, ce bourrelet devient une cloison, et la cellule mère est désormais divisée en deux cellules munies chacune d'un protoplasma et d'un noyau formés par segmentation du protoplasma et du noyau de la cellule mère.



Fig. 94. — Genèse des cellules par subdivision (conferve).

Dans la cellule supérieure le noyau est divisé en deux; dans la cellule suivante les deux noyaux commencent à être séparés par un étranglement de la paroi. Les deux cellules inférieures sont de récente formation ; la cloison qui les sépare, résultant du développement d'un étranglement de la paroi, n'a pas encore pris toute son épaisseur et n'es formée que d'une seule lamelle.

Si l'on examine des plantes vivantes et sans les avoir tuées par l'alcool, ce qu'on peut faire la nuit, en ayant soin d'entretenir sur le porte-objet l'eau nécessaire à leur végétation, on peut assister à la marche du phénomène en renouvelant les observations de quart d'heure en quart d'heure, par exemple, et surtout si l'on dessine à la chambre claire les états successifs des cellules en voie de fractionnement.

Le même phénomène pourra s'observer sur les Cladophores, sauf qu'on ne trouvera de noyau, ni dans la cellule mère, ni dans les cellules filles. Dans le cas où l'étranglement de la paroi interne serait peu apparent, surtout au commencement de la segmentation, l'addition d'un peu d'eau sucrée ou salée, en déterminant la contraction du protoplasma, ferait voir nettement les deux masses internes en voie de séparation et la saillie de la cloison naissante.

Les cellules filles ainsi formées prennent bientôt leur accroissement et deviennent semblables à la cellule mère, pour se fractionner bientôt comme elle.

Il peut arriver que la cellule, au lieu de se subdiviser dans sa longueur et de former des cellules filles qui s'accroissent suivant son axe, se subdivise latéralement et donne naissance à une cellule qui s'accroît suivant une direction angulaire. Il y a alors bourgeonnement et ramification.

C'est par ce procédé que se multiplient les cellules de tous les parenchymes végétaux, et l'on peut l'observer dans la moelle de certaines plantes Dicotylédonées, par exemple dans le Soleil annuel (*Helianthus annuus*), le Sureau (*Sambucus nigra*); mais le phénomène est naturellement plus difficile à suivre que sur les plantes filamenteuses composées d'un seul rang de cellules.

Lorsqu'il s'agit de produire des cellules qui ne seront pas semblables à la cellule mère, par exemple des *spores* ou des grains de *pollen*, spores et grains qui sont composés d'une seule cellule, la nature emploie des procédés un peu différents.

Il peut arriver qu'une cellule nouvelle se forme aux dépens de la masse protoplasmatique tout entière d'une cellule préexistante qui, par conséquent, n'existe plus, mais est transformée, rajeunie, renouvelée par la formation de la cellule nouvelle. C'est ce que Sachs appelle formation par *renouvellement* ou *rajeunissement*. C'est ainsi que se forment les zoospores ou spores animées de beaucoup de plantes inférieures, notamment des Algues (*Stigeoclonium*, *Œdogonium*). Le protoplasma d'une cellule située à l'extrémité d'un filament se concentre, expulse le suc cellulaire, s'oriente d'une manière nouvelle et, rompant la membrane, sort dans le liquide ambiant sous forme d'une masse ovalaire, nue, mais verte à son

extrémité élargie, transparente à son extrémité pointue qui porte des cils vibratiles avec lesquels cette masse, qui est une zoospore, se meut dans l'eau. Mais bientôt les mouvements cessent, les cils tombent, cette *cellule primordiale* se recouvre d'une membrane, l'extrémité transparente se fixe en faisant fonction de radicule et l'autre extrémité, verte et large, s'accroît, la multiplication de la cellule se fait de ce côté par voie de subdivision.

Au lieu d'émettre une cellule nouvelle, une zoospore, par exemple, la cellule mère peut émettre plusieurs cellules filles par le fractionnement intérieur ou la répartition de son protoplasma en plusieurs centres de formation, au milieu desquels on remarque ordinairement un noyau. C'est ce qui arrive dans les tubes à spores de certaines autres Algues. Ces tubes sont formés d'une seule cellule dans laquelle le protoplasma se répartit en quatre masses nucléées, séparées d'abord par des étranglements et qui bientôt deviennent indépendantes. Chacune de ces masses protoplasmatiques est une cellule primordiale nouvelle, une spore. Ces spores sont dépourvues de membrane cellulaire, ce n'est qu'après la rupture du tube ou *sporange* que, devenues libres, elles s'entourent d'une membrane, avant de se développer en un nouveau végétal.

Quelquefois, une partie seulement de la masse protoplasmatique de la cellule mère est employée à la formation des spores, l'autre partie restant dans cette cellule pour servir à sa nutrition qui se prolonge encore pendant un temps plus ou moins long. C'est ce qu'on appelle *formation cellulaire libre*. On l'observe chez certains Champignons ascomycètes, dans les *Peziza*, par exemple : les tubes à spores, formés aussi d'une seule cellule, sont remplis d'un protoplasma qui change d'aspect à la partie supérieure du tube, s'y fractionne en huit masses pourvues ou non de noyau, selon les espèces, tandis qu'il persiste à la partie inférieure, sous forme d'un magma écumeux. Bientôt les huit masses protoplasmatiques s'enveloppent d'une membrane dans laquelle le protoplasma devient granuleux et se charge de gouttelettes graisseuses. Les huit cellules sœurs sont donc ici toutes formées et libres dans l'intérieur du tube qui continue à vivre jusqu'au moment de la dissémination des spores par la rupture de sa membrane.

Néanmoins, c'est la subdivision par quatre de la cellule mère, avec emploi de son protoplasma tout entier et formation de quatre noyaux, qui est le mode le plus fréquent. C'est ainsi que se forment les spores des Cryptogames vasculaires, les cellules du pollen des Phanérogames, etc., etc.; mais tantôt les cellules filles s'enveloppent d'une membrane cellulaire avant leur mise en liberté, tantôt au contraire elles ne sont entourées d'une couche celluleuse qu'après leur séparation et leur sortie de la cellule où elles ont pris naissance.

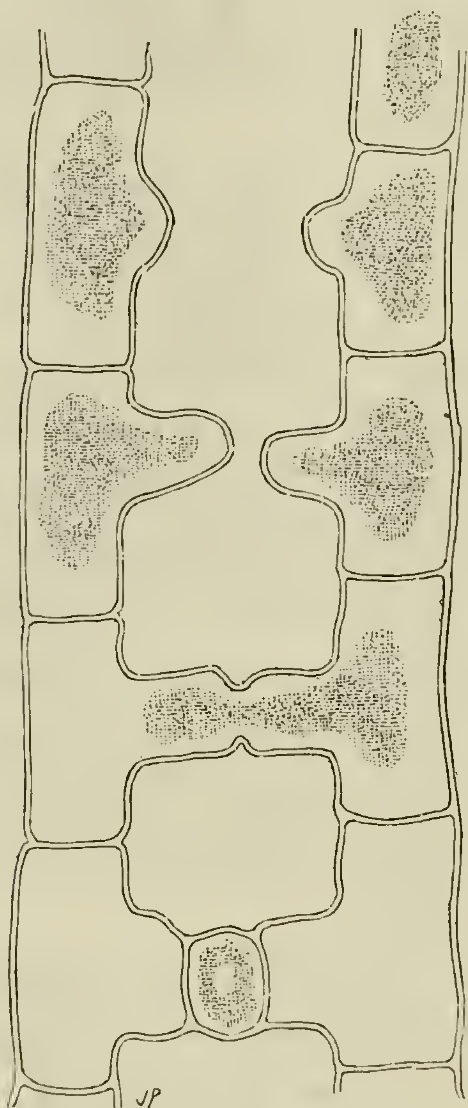


Fig. 95. — Genèse des cellules par conjugaison et formation d'une zygospore (Conjuguées).

Dans les deux cellules supérieures de chaque filament, la conjugaison se prépare; elle est opérée entre les troisièmes cellules, et le protoplasma de l'une se confond avec celui de l'autre. Dans le tube qui *conjugue* les deux cellules inférieures, la zygospore est formée.

Jusqu'à présent nous avons vu une seule cellule former, par la subdivision de son protoplasma, avec ou sans organisation de nouvelles membranes cellulaires, une ou plusieurs cellules filles, mais il peut arriver que deux, même trois cellules appartenant à des rameaux différents de la même plante ou à des plantes séparées, concourent à la formation de la cellule nouvelle. Ce mode de génération des cellules est dit par *conjugaison*, et nous en trouvons encore des exemples dans cette famille des Algues, et notamment dans celles que pour cette raison on appelle *Conjuguées*.

Sur deux filaments rapprochés, on voit naître d'abord, sur les parois opposées des cellules qui sont en regard, des gibbosités dont le développement marche à peu près symétriquement. Bientôt les protubérances de deux cellules opposées se joignent et la double membrane se rompt au point de contact. Pendant ce temps, le protoplasma, dans les deux cellules qui se conjuguent, s'est concentré sous forme d'une masse ellipsoïdale, et, lorsque les parois sont rom-

pues, la masse protoplasmatique de l'une des cellules pénètre dans l'autre et se fond avec son protoplasma. Il y a, dans cette opération, une condensation considérable de matière, car le protoplasma conjugué ne présente pas plus de volume que l'un de ceux qui l'ont composé. Les dessins formés par les bandes de chlorophylle (spirales de *Spirogyra*) sont, cependant, encore reconnaissables et s'ajoutent l'un à l'autre. La masse ainsi constituée s'enveloppe bientôt d'une membrane cellulaire : une nouvelle cellule est donc formée ; c'est une *zygospore* qui fournira plus tard un nouveau végétal (fig. 95).

Préparation. — Les préparations nécessaires à l'étude de la formation des cellules dans les Algues sont fort simples, puisqu'elles consistent, comme nous l'avons dit, à placer sur le porte-objet des filaments convenablement choisis et à suivre avec patience, en renouvelant l'eau dans laquelle ils baignent, les modifications qui se produisent dans leurs cellules. La formation par division ou bipartition est très-facile à observer, soit qu'on opère la nuit sur des plantes vivantes, soit qu'on opère le jour sur des Algues dont on a surpris et arrêté la segmentation par une immersion dans l'alcool.

On choisira, d'ailleurs, des Algues à longues cellules, ou des Cryptogames à cellules aplaties, tels que les Mousses dont la feuille est composée d'un seul rang de cellules. On étudiera les jeunes feuilles. Les Hépatiques se prêtent aussi à cet examen ; mais, sur ces plantes, il faut faire des coupes longitudinales et tranversales, et l'observation complète du phénomène ne résulte que d'un ensemble de coupes faites aux différentes phases de sa production.

La formation des cellules spores peut s'observer sur les Algues, sur les Mousses, les Champignons, les Cryptogames vasculaires. On l'étudiera en observant les sporanges à diverses époques rapprochées, et on mettra en évidence la présence ou l'absence de la membrane cellulaire dans les cellules filles, à l'aide du chlorure de zinc iodé. Dans les Équisétacées, dont les spores se forment par quatre, on trouvera des cellules filles qui ne sont jamais enveloppées d'une membrane et qui flottent dans une cellule mère sans membrane elle-même.

L'examen de la formation des grains de pollen devra se faire sur des coupes longitudinales et transversales de boutons très-jeunes à travers les anthères. On isolera les cellules mères sous le microscope simple. Les Malvacées, les Liliacées, les Onagrariées et les plantes à gros pollen permettent assez facilement cette étude. La petite Capucine (*Tropæolum minus*) montre bien distinctement les grains de pollen en voie de formation, disposés dans la cellule mère en piles, 3 et 1, aux quatre angles d'un tétraèdre, disposition très-fréquente, et s'enveloppant d'une membrane avant même d'être séparés les uns des autres. En contractant cette membrane par l'eau sucrée ou l'alcool iodé, on verra qu'elle n'est pas formée, comme il semble au premier abord, par des replis de la membrane enveloppante de la cellule mère (fig. 128).

La *formation libre* des cellules peut être observée dans les premières phases du développement de ce qui sera l'albumen dans le sac embryonnaire des ovules fécondés chez les Liliacées, les Borraginées, les Onagrariées. La préparation est difficile : il faut faire une coupe longitudinale de l'ovule, pas trop mince ; mais il arrive souvent qu'on ne peut étudier cette coupe dans l'eau, qui dissout ou délaye ces frêles tissus. On peut se servir alors, comme liquide ambiant, d'une gouttelette même du suc cellulaire.

Toutes ces études, d'ailleurs, ne peuvent se faire, nous le répétons, que par une série d'observations à des époques différentes, mais suffisamment rapprochées.

CHAPITRE III

LES TISSUS VÉGÉTAUX.

Les cellules en se multipliant, se groupant, se modifiant dans leur forme, leur structure et leur épaisseur, constituent tous les tissus des plantes, tissus infiniment variés dans leur nature et dans leur aspect, mais que l'on peut, d'une manière générale, rap-

porter à trois types principaux ou à trois systèmes de tissus : le *système fondamental*, le *système fibro-vasculaire* et le *système tégumentaire* (Sachs).

I. Tissu fondamental.

On peut désigner, avec Sachs, sous le nom de *système du tissu fondamental* la masse du tissu qui reste dans les plantes lorsque sont formés les autres systèmes, lesquels demeurent compris dans celle-ci qui les sépare les uns des autres.

Ce tissu fondamental est très-divers, et, suivant la forme des cellules qui le composent, on peut le désigner sous les noms de *parenchyme* quand ces cellules ont des dimensions longitudinales à peu près égales aux dimensions transversales, comme dans la pulpe des fruits charnus, et de *prosenchyme* quand les dimensions longitudinales sont beaucoup plus grandes que les dimensions transversales. Les cellules du prosenchyme, ordinairement terminées en pointe ou en biseau par les deux bouts, s'emboîtent le plus souvent d'une manière étroite, sans laisser entre elles d'*espaces intercellulaires* comme on en trouve presque toujours entre les cellules du parenchyme.

Enfin, on appelle quelquefois *sclérenchyme* le tissu, parenchyme ou prosenchyme, dont les cellules ont leurs parois durcies, comme celles du liége ou des concrétions dites pierreuses des poires (Mettenius).

Certaines plantes inférieures, dépourvues de vaisseaux, ne sont composées que de tissu fondamental, à l'exception d'une couche plus ou moins mince de tissu tégumentaire qu'on peut considérer comme du tissu fondamental légèrement modifié. Dans les plantes vasculaires dont les faisceaux fibro-vasculaires ne sont doués que d'une courte période d'accroissement, le tissu fondamental prend une importance considérable et constitue la plus grande partie de la substance de la plante. Dans les végétaux, au contraire, où les faisceaux sont étroitement serrés et engendrent continuellement de nouveaux faisceaux, le tissu fondamental devient de moins en moins important.

Souvent, dans les plantes supérieures, ce tissu se divise en deux parties, l'une qui reste centrale et qui constitue la *moelle*, et l'autre qui enveloppe les faisceaux fibro-vasculaires en les séparant du tissu tégumentaire ou *écorce*, en même temps que des expansions de ce même tissu, expansions longitudinales et plus ou moins aplaties, allant de la moelle vers l'écorce, séparent ces faisceaux les uns des autres : ce sont les *rayons médullaires*.

Le tissu fondamental est, d'ailleurs, loin d'être homogène dans ses différentes parties. C'est ainsi que, dans le voisinage du système tégumentaire et autour des faisceaux vasculaires, il forme des couches de cellules plus ou moins nombreuses, souvent épaissies, destinées ici à renforcer l'épiderme, et qu'on nomme pour cette raison *couches de renforcement* ou *hypoderme*, et là à préserver les faisceaux, d'où leur nom de *gaines des faisceaux*.

Enfin, il peut consister en un tissu cellulaire séveux à parois minces, constituant le *tissu de remplissage*, tel qu'on le trouve dans les feuilles, tantôt rempli de chlorophylle, comme dans les feuilles minces, tantôt incolore comme le parenchyme central des feuilles épaisses ou celui des tubercules, des fruits charnus, ou bien tel que le parenchyme vert qui règne au-dessous des téguments dans les tiges et les fruits.

Ce tissu se creuse souvent de grandes cellules de formes très-diverses, comme celles qui forment les *chambres respiratoires* situées au-dessous des stomates ou celles qu'on trouve dans le parenchyme de diverses feuilles (*Camellia*).

Préparation. — On étudiera le tissu fondamental par des coupes transversales et longitudinales de diverses feuilles où on le trouvera dans ses différentes formes de parenchyme ou de prosenchyme ; dans les fruits charnus. Les concrétions des poires montreront le tissu sclérenchymateux, ainsi que la coquille des noyaux des cerises, prunes, etc. Dans les feuilles épaisses, comme celles des Aloès, des Pins, on trouvera le parenchyme central incolore entouré d'un parenchyme à chlorophylle. Plus superficiellement, on verra le tissu se composer de couches stratifiées de cellules épaissies, couches hypodermiques, lesquelles enfin sont recouvertes par la couche épidermique constituant le système tégumentaire.

En examinant le tissu des feuilles minces, on en verra le parenchyme parcouru par des faisceaux de vaisseaux, lesquels sont entourés d'une couche condensée de tissu fondamental, formant gaîne. Ce sont ces gaînes qui font saillie à la surface inférieure de la feuille et constituent les nervures. De place en place, on constatera que l'épiderme de cette face inférieure est percé de petits trous, lesquels débouchent dans une grande cellule située dans le tissu fondamental, sous l'épiderme. Ces trous sont les *stomates*, que nous étudierons plus tard, et les grandes cellules sont les *chambres respiratoires*, pleines d'air. Dans certaines feuilles (*Camellia*) on trouvera, dans l'intérieur du parenchyme, de grandes cellules de forme irrégulière ou étoilée. Enfin, dans presque tous les parenchymes, on constatera l'existence de lacunes intercellulaires.

Enfin, si l'on fait des coupes à travers de jeunes tiges ou de jeunes branches d'arbre, on reconnaîtra, au centre, un parenchyme appartenant au tissu fondamental, qui est la moelle (fig. 96, *m*), autour de laquelle est un cercle, lequel peut lui-même se subdiviser en plusieurs autres cercles concentriques, si la tige est âgée de plusieurs années (et il vaut mieux pour cette étude prendre des tiges de l'année ou même des tigelles de plantes en germination). Dans ce cercle, on remarquera des faisceaux de vaisseaux (*c*, *l*) et de fibres, disposés aussi circulairement, autour desquels règne encore le tissu fondamental (*e*) et qui sont séparés les uns des autres par des lames de ce même tissu. Ces lames sont les rayons médullaires (*r*).

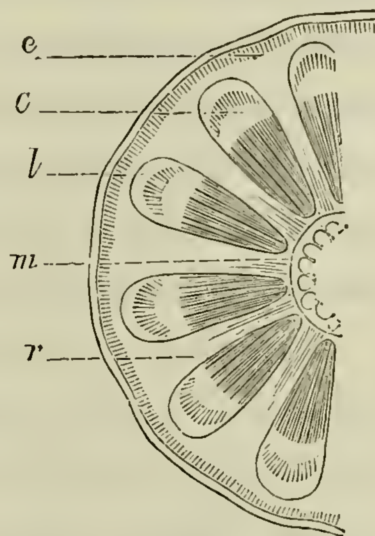


Fig. 96. — Coupe transversale d'une jeune tige dicotylédone. *e*, tissu fondamental; *c*, *l*, faisceaux fibro-vasculaires; *r*, rayons médullaires; *m*, moelle.

A mesure que la tige sera plus âgée, on verra que les faisceaux sont plus considérables et plus serrés, rétrécissant ainsi de plus en plus les rayons médullaires, d'une part, et de l'autre, la zone qui les sépare de la couche tégumentaire.

Enfin, on constatera la présence d'une couche de tissu fondamental condensé autour des faisceaux. Cette gaîne des faisceaux

sera facile à voir sur les coupes transversales des pétioles de Fougères où elle est toujours composée de cellules modifiées, épaissies ou lignifiées, et colorées en brun. — Dans la tige des Fougères arborescentes, cette couche peut même être durcie et composée de cellules de sclérenchyme.

II. Tissu fibro-vasculaire.

Dans tous les végétaux, excepté dans les plantes inférieures, on trouve que le tissu fondamental est parcouru dans le sens longitudinal par des filets ou cordons, en général, plus résistants que le tissu ambiant, composés d'éléments allongés, très-divers, placés parallèlement les uns aux autres et qui forment ces *faisceaux fibro-vasculaires* que nous avons signalés précédemment. Ces faisceaux sont, en effet, formés de fibres, c'est-à-dire de cellules très-longues, plus ou moins minces et aplaties, et de véritables vaisseaux.

Ces cellules très-allongées, ou fibres, sont, pour ainsi dire, des vaisseaux courts, aussi les appelle-t-on *fibres-cellules*, *cellules vasculaires*, etc. Elles peuvent présenter tous les aspects que nous avons décrits sous le nom de cellules ponctuées, rayées, scalariformes, annelées, spiralées, aréolées, criblées ou grillagées ; nous ne reviendrons donc pas sur leur description.

Mais il arrive que ces cellules vasculaires, disposées en séries longitudinales, les unes au-dessus des autres, se mettent en communication par la résorption de la membrane transverse qui les sépare, et alors, au lieu d'une série de cellules, on a un vaisseau proprement dit. Souvent, ces vaisseaux conservent, sur leur paroi, la trace des cloisons qui, primitivement, les séparaient en cellules distinctes. Tantôt ces cellules étaient en rapport par des surfaces exactement transversales à leur axe, tantôt elles se touchaient par des surfaces obliques et taillées en biseau ; les vaisseaux peuvent donc conserver la trace de ces divers modes de transformation. On en trouve même un autre plus compliqué et qui résulte de la communication entre elles de cellules grillagées, telles que celles du *Cucurbita pepo*. Dans ces cellules, nous l'avons expliqué, la cloison

transverse peut être seule criblée de points amincis dont la fine membrane se résorbe, de telle sorte que les cellules communiquent seulement par les petits trous dont est criblée, ainsi qu'un tamis ou une pomme d'arrosoir, leur cloison transverse (fig. 83).

On aura donc aussi des vaisseaux ponctués, rayés, scalariformes, annelés, spiralés, des vaisseaux aréolés et grillagés, soit sur leurs parois latérales, soit sur les cloisons transverses criblées qui subsistent. Pour peu qu'on fasse une coupe longitudinale dans une tige, ou même qu'on examine la surface d'une feuille fine ou d'un pétale, surtout si l'on a enlevé l'épiderme, on constate toujours la présence des vaisseaux spiralés ou *trachées* qui en parcourent le tissu. Ces trachées sont des vaisseaux aériens. Le ruban d'épaississement qui en compose la spirale, plus ou moins aplatie d'ailleurs, peut même se détacher de la fine paroi vasculaire, et si l'on exerce une traction, se dérouler comme un élastique de jarretière. Aussi appelle-t-on souvent ces vaisseaux *trachées déroulables*. Par la macération dans les liquides acidulés, on arrive à rendre plus facile le dévidage de ces vaisseaux (fig. 81).

La macération, du reste, rend souvent possible l'isolement des vaisseaux qui courent dans certains parenchymes mous, par exemple dans certaines feuilles. Tout le monde connaît ces squelettes de feuilles de Peuplier que l'on trouve dans les bois, feuilles dans lesquelles le parenchyme a disparu par une putréfaction lente, et qui représentent, comme une fine dentelle, la charpente vasculaire de la feuille. Beaucoup d'autres feuilles âgées peuvent donner, par la macération, des résultats analogues (*Maïs*, *Dracœna*, *Yucca*, etc.).

Les faisceaux fibro-vasculaires sont le plus souvent formés de divers ordres de vaisseaux spiralés, ponctués, réticulés, courant ensemble, séparés par une mince couche de prosenchyme et dont quelques-uns se détachent du faisceau, de distance en distance, pour se distribuer dans les branches, les rameaux, les feuilles, les folioles, le faisceau s'amoindrissant ainsi de plus en plus à mesure qu'il se subdivise.

Développement des faisceaux. — Dans le principe, tout faisceau vasculaire consiste en un amas plus ou moins considérable de cellules étroitement unies, et qui ne laissent pas de lacunes inter-

cellulaires. Cette masse de tissu fondamental qu'on peut considérer comme le tissu formateur, le *cambium* primitif, du faisceau ne tarde pas à changer d'aspect. Certaines cellules prennent une forme spéciale qui désormais va devenir définitive ; les unes vont former du *bois*, les autres du *liber*. Entre ces deux zones, ligneuse et libérienne, le cambium peut subsister en donnant toujours naissance, par la segmentation verticale de ses cellules, à du bois d'une part, à du liber de l'autre. Le faisceau croîtra ainsi indéfiniment en diamètre ; c'est ce que Schleiden a appelé un *faisceau ouvert* (fig. 97, *A*). Tels sont les faisceaux les plus répandus dans la tige des

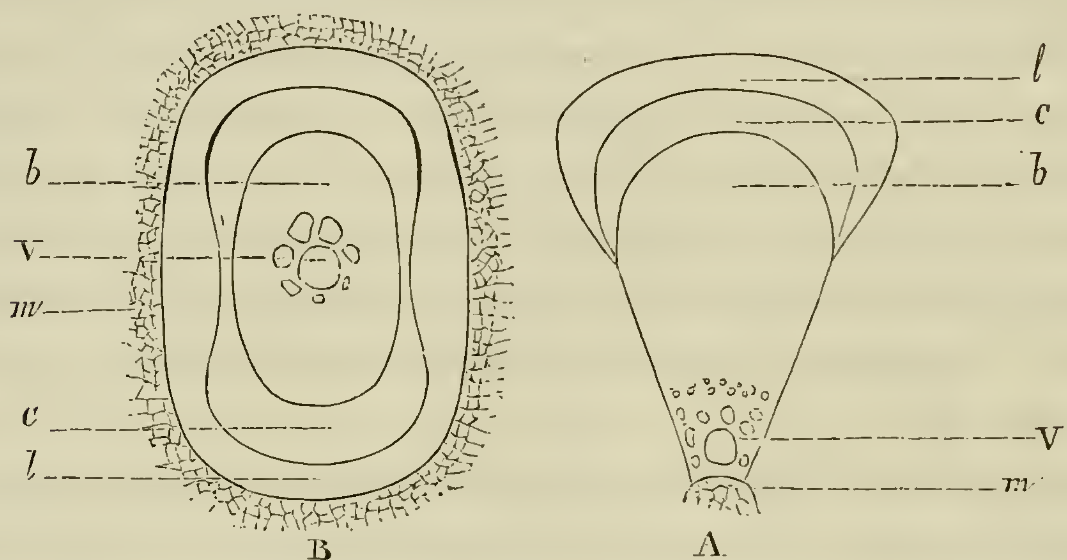


Fig. 97. — A, faisceau ouvert ; B, faisceau fermé.
b, bois ; V, vaisseaux ; *c*, cambium ; *l*, liber ; *m*, moelle.

plantes Dicotylédones. Mais si tout le cambium du faisceau se transforme en matière ligneuse et en matière libérienne, sans se reproduire lui-même, il arrive un moment où ce cambium étant épuisé, le faisceau est, pour ainsi dire, achevé et ne peut plus s'accroître. C'est un *faisceau fermé* (Schleiden) ; on en trouve dans les Cryptogames, les Monocotylédones et certaines Dicotylédones (fig. 97, *B*).

Ainsi nous voyons que le développement de tout faisceau produit deux sortes de substances, le bois et le liber. Entre ces deux couches peut subsister du cambium. Le liber est constitué par des cellules séveuses, ordinairement à parois minces, au milieu desquelles certaines s'épaississent en constituant des fibres flexibles, souvent abondantes, souvent rares, qui sont les fibres libériennes, ou s'unissent pour former différents vaisseaux parmi

lesquels nous citerons les vaisseaux criblés ; nous reviendrons plus loin sur cette composition.

Le bois est, au contraire, une substance dont les cellules ont une grande tendance à durcir leurs parois, à se *lignifier*. Ces cellules peuvent avoir la forme parenchymateuse, peuvent même rester molles, mais le plus souvent elles s'allongent en fibres ligneuses ponctuées, réticulées, aréolées, tandis que d'autres se groupent en séries longitudinales pour former bientôt des vaisseaux présentant tous ces aspects, et dans lesquels ne circule que de l'air.

Les éléments du liber et du bois sont donc, en général, de forme allongée dans le sens de la longueur de la tige, parenchymateux, en un mot ; mais, lorsque le cambium persiste, il peut produire des expansions horizontales de parenchyme qui pénètrent à travers la partie libérienne d'une part, et à travers la partie ligneuse d'autre part. C'est ce qu'on désigne sous le nom de *rayons libériens* et de *rayons ligneux*.

Dans les Dicotylédones, les Monocotylédones et les Cryptogames, la position de la partie ligneuse et de la partie libérienne des faisceaux est différente : chez les Dicotylédones, le cambium produisant le bois par sa face interne, dirigée du côté de l'axe de la tige, et le liber par sa face externe et périphérique, en faisant une coupe transversale (fig. 96 et fig. 97, A), on trouvera au centre la moelle (*m*), puis le faisceau ligneux (*b V*), puis l'arc cambial (*c*), le liber (*l*) et l'écorce.

Dans les Monocotylédones, le cambium forme comme un tube dont la partie interne se lignifie, pendant que la partie externe produit du liber, jusqu'à ce qu'il s'épuise ; on trouvera donc dans ces faisceaux, bien réellement fermés, le bois (fig. 97, *B ; b V*) au centre du tube, entouré par un anneau de cambium (*c*) (si celui-ci n'est pas épuisé), et enfin par un cercle de liber (*l*).

« Le développement des éléments d'un faisceau commence toujours en des points isolés sur la section transversale, à partir desquels il progresse ensuite de plus en plus loin ; il en résulte que les cellules définitives qui se forment successivement ont un développement différent. Dans les faisceaux ouverts de la tige des Dicotylédones et des Gymnospermes, le développement commence, le

plus souvent, sur la face externe du faisceau par l'épaississement de quelques fibres libériennes isolées ; un peu plus tard, on voit apparaître au milieu de la face opposée, du côté de la moelle, quelques vaisseaux isolés, spiralés ou annelés. Ensuite, tandis que le développement du liber progresse vers le centre, en produisant successivement des fibres et cellules libériennes, des cellules grillagées, du parenchyme libérien, qui alternent et se répètent souvent, le bois de son côté progresse vers la périphérie en formant successivement des vaisseaux annelés ou spiralés, ou les deux à la fois, des vaisseaux réticulés, puis des vaisseaux ponctués, vaisseaux qui alternent souvent avec des fibres ou cellules ligneuses. » (Sachs.)

A partir de la première année, dans les Dicotylédones, il se forme tous les ans une couche ligneuse qui s'ajoute aux précédentes, ce qui produit la série des anneaux annuels très-visibles et faciles à compter sur la coupe de certaines tiges. Il arrive même que la partie libérienne présente, quoique d'une manière moins marquée, à cause de sa moindre épaisseur, des couches annuelles qui donnent à cette partie l'apparence feuilletée d'où elle a reçu son nom de *liber* (livre).

Tout ce que nous venons de dire à propos de la formation des faisceaux fibro-vasculaires dans la tige ou le tronc s'applique à la formation des mêmes parties dans la racine.

Préparation. — L'étude des faisceaux vasculaires, de leur partie ligneuse, du cambium et de la couche libérienne se fait sur des coupes minces transversales et longitudinales (ces dernières dans des directions radiales et tangentielles) des tiges de différentes plantes appartenant aux diverses classes végétales. Ces coupes sont souvent difficiles à faire, aussi en est-il beaucoup que l'on trouve avantage à acquérir toutes faites chez les préparateurs spéciaux (M. J. Bourgogne père et M. Eugène Bourgogne).

Néanmoins, des coupes très-intéressantes et très-utiles pour l'étude du développement des faisceaux peuvent être faites avec facilité dans les très-jeunes tiges ; on y reconnaît les points, régulièrement disposés en cercle autour du canal médullaire où se forment les faisceaux dans les Dicotylédones (fig. 96), ceux, souvent

très-réguliers aussi, où ils prennent naissance dans les Monocotylédones et les Cryptogames (fig. 98). Certaines Mousses donneront le premier indice d'une formation vasculaire dans l'axe de la plante.

L'examen de la partie cambiale se fera bien sur les racines de plantes à grosses cellules, comme celles des Conifères. En hiver, on trouvera la couche cambiale nettement limitée par le bois d'une part, par l'écorce de l'autre. Il faudra parfois faire durcir le cambium, en plongeant le tissu pendant quelques heures dans l'alcool, avant de pratiquer des coupes qui doivent être très-minces. On reconnaîtra cette substance, à cellules pleines de protoplasma granuleux et dont les parois bleuissent par le chlorure de zinc iodé, à la périphérie des faisceaux chez les Dicotylédones et dans l'intérieur des faisceaux fermés des Cryptogames et des Monocotylédones. Les tiges faciles à trancher des Graminées, de certains Palmiers, des Fougères, seront commodes pour cette étude. On examinera la formation des rayons libériens et ligneux produits par le cambium à travers l'épaisseur des faisceaux.

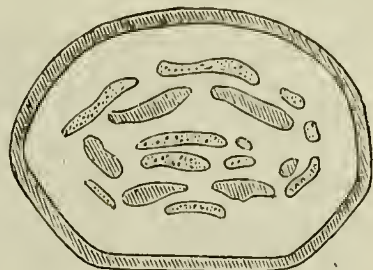


Fig. 98. — Coupe transversale d'une tige de Fougère (*Pteris Aquilina*).

Cette coupe montre deux systèmes concentriques de faisceaux fibro-vasculaires, l'un interne, l'autre externe, indiqués sur la gravure par des figures pointillées, et séparés par une zone composée de groupes de cellules épaissies, groupes indiqués par des hachures.

Dans la partie ligneuse, on reconnaîtra que les éléments constitutifs peuvent se rapporter à trois types principaux, le type vasculaire, le type fibreux et le type parenchymateux. Au type vasculaire se rattachent les cellules ligneuses vasculaires et les vaisseaux proprement dits. Les épaississements de ces cellules et de ces vaisseaux forment des rubans spiralés, des réseaux et des ponctuations. Dans le bois de Sapin, on verra nettement les ponctuations aréolées, si l'on a soin de pratiquer des coupes longitudinales radiales selon la direction des rayons médullaires, et l'on reconnaîtra, sur les parois de ces cellules ou de ces vaisseaux aréolés, la trace des cellules à direction horizontale des rayons médullaires (fig. 99). Dans les coupes longitudinales des divers bois, on verra comment les cellules vasculaires se réunissent bout à bout, en résorbant leur paroi transversale, pour former des vaisseaux. Les

cellules et les vaisseaux scalariformes sont faciles à voir dans les Fougères et notamment dans le *Pteris aquilina*. — Au type fibreux se rapportent les cellules longues, pointues aux deux extrémités, presque filamenteuses, fortement épaissies et rigides, souvent ponctuées, jamais spiralées, et contenant en hiver des grains d'amidon. Ces fibres sont ordinairement plus longues que les cellules vasculaires. Elles sont mêlées avec ces dernières dans le parenchyme ligneux, on ne les trouve guère dans les Cryptogames; il faut les étudier dans les arbres ou les arbustes Dicotylédonés. Au troisième type appartiennent les cellules parenchymateuses, à parois minces et ponctuées, formées dans le bois des Dicotylédones et des Conifères par la segmentation horizontale des cellules cambiales. Elles contiennent, en hiver, de l'amidon, souvent de la chlorophylle et des cristaux agglomérés. Dans les racines charnues du Radis, du Navet, de la Carotte, de la Pomme de terre, du Dalhia, des Oxalis, etc., ce parenchyme prend un très-grand accroissement, tandis que la formation vasculaire et fibreuse est peu considérable, et c'est à peine si l'on reconnaît là un tissu ligneux qui n'est pas lignifié.

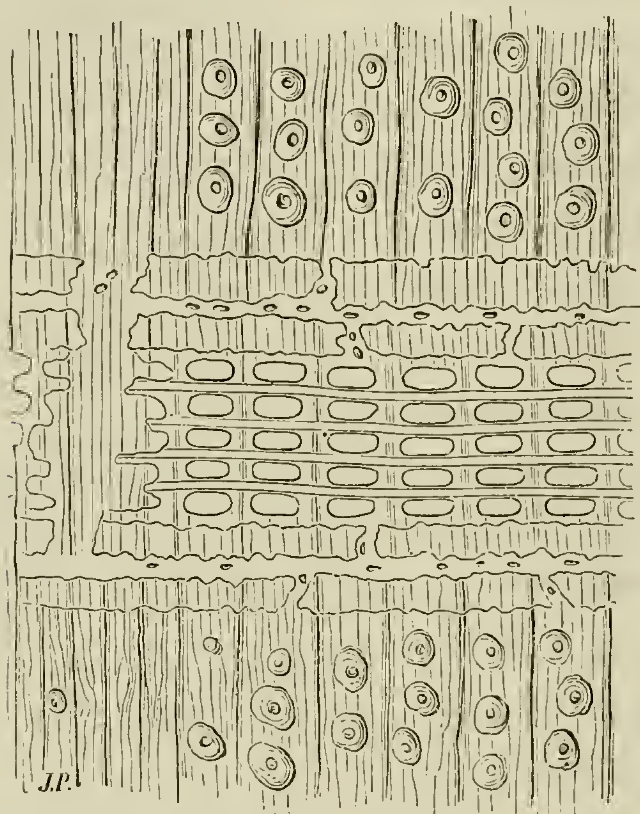


Fig. 99. — Coupe longitudinale du bois de Sapin, parallèlement à un rayon médullaire.

Les cellules longitudinales portant les *ponctuations aréolées* sont traversées par une zone présentant les empreintes des cellules du rayon médullaire et quelques fines ponctuations appartenant à la paroi de ces dernières cellules.

Autour du cercle formé par la réunion des arcs cambiaux de tous les faisceaux ligneux, on reconnaîtra la couche libérienne composée par les arcs libériens de chacun de ces faisceaux. On remarquera que les éléments du liber peuvent se rapporter à trois types semblables à ceux que nous avons signalés dans le bois, les types vasculaire, fibreux et parenchymateux. Au prémier se rattachent des

cellules séveuses, très-longues, à parois minces (*cellules cambiformes*), qui sont le premier élément libérien des faisceaux, puis les cellules grillagées et les vaisseaux criblés. Il est quelquefois difficile de distinguer les cellules grillagées des vaisseaux résultant de l'union de ces cellules, lorsque la cloison transversale est seule criblée, parceque les cellules qui forment le vaisseau ne communiquent que par les trous, excessivement fins, de leurs parois transversales. Il faut, dans le cas où l'on veut constater la communication, placer des coupes longitudinales très-minces dans l'acide sulfurique concentré après les avoir traitées par l'eau d'iode. La paroi des cellules est ainsi dissoute, et le protoplasma reste jauni par l'iode ; on voit alors les minces filaments protoplasmatiques qui passaient d'une cellule dans l'autre par les trous des plaques criblées (fig. 83). On trouve ces cellules dans les *Cucurbita*, dans le *Carica papaya*. Pour les bien voir, on peut encore dissoudre, avec la potasse, le protoplasma mucilagineux qui les remplit et masque les pores. Mais par ce procédé, on ne peut que constater l'existence de ces points ; pour reconnaître leur perforation, il faut employer le procédé que nous avons indiqué précédemment.

Dans le liber du *Bignonia* et dans celui des racines d'*Araucaria*, de *Larix*, de *Sequoia*, on trouvera des cellules et des tubes criblés sur les parois latérales. L'étude des cellules grillagées exige un grossissement de 4 à 500 de diamètres, des préparations très-bien faites et des objectifs de grand pouvoir résolvant (1/8 de pouce Powell et L.; 1/10 Beck ; n° 9, Hart. et Prazm. ; E. Zeiss, etc.).

Au type parenchymateux se rattachent des cellules courtes à parois minces, séveuses, qui résultent de la subdivision transversale des cellules vasculaires. Il arrive souvent que ces cellules constituent, avec les éléments vasculaires, tout ou presque tout le liber, et l'on a un liber mou correspondant au bois non lignifié dont nous avons parlé ci-dessus.

C'est l'élément fibreux qui donne au liber la ténacité, quelquefois très-grande, dont ce tissu est doué dans les plantes textiles, par exemple, le Lin, le Chanvre, les Mûriers et un grand nombre d'Urticées. Ces fibres libériennes sont constituées par des cellules le plus souvent très-longues, épaissies mais flexibles, quel-

quefois ramifiées (*Cannabis*), et très-souvent disposées en faisceaux dans le liber mou (Dicotylédones). Parfois aussi, elles sont isolées (tige de la Pomme de terre) ; on en trouve qui sont manifestement striées (Pervenches et autres Apocynées). Pour bien étudier ces détails, il faut isoler les cellules par l'action du chlorate de potasse et de l'acide azotique, après quoi on fait agir le chlorure de zinc iodé.

Enfin, on constatera que les cellules libériennes forment dans certaines plantes des vaisseaux particuliers que remplit souvent un suc coloré (Pavot, Chélidoine, Chicoracées, etc., etc.). Ce sont les *vaisseaux laticifères*.

Vaisseaux laticifères.

Les *vaisseaux laticifères*, dans lesquels circule un liquide en général laiteux ou coloré qu'on appelle *suc propre* ou *latex*, paraissent résulter le plus souvent de la fusion de cellules ou de fibres libériennes en séries longitudinales simples, anastomosées ou rameuses (fig. 100). Ils peuvent provenir de la fusion de cellules de forme parenchymateuse et, par conséquent, se composer d'éléments courts, utriculaires, ce qui a fait donner à cette forme de vaisseaux le nom de *vaisseaux utriculeux*. Enfin, des cellules peuvent s'ouvrir dans des espaces inter-cellulaires qui communiquent entre eux et avec d'autres cellules, de manière à former, dans les tissus, un système de canaux continus dans lequel circulent des sucs particuliers.

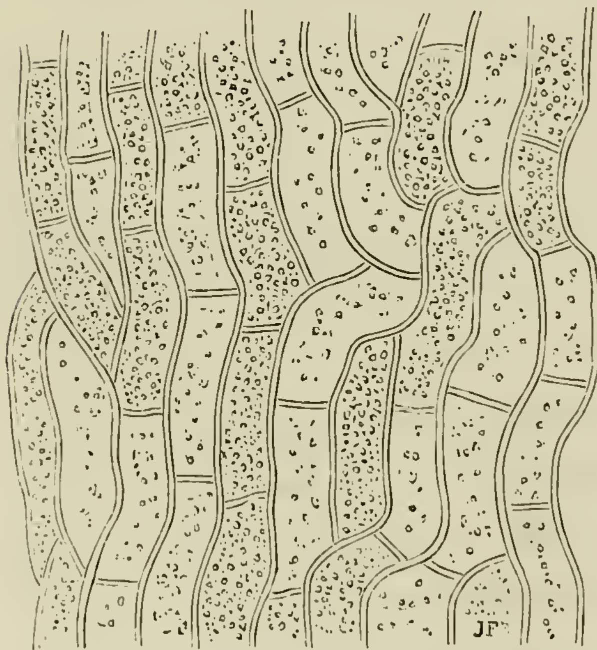


Fig. 100. — Vaisseaux laticifères du *Chelidonium majus*.

On peut encore rattacher à cette formation les *glandes* qui se développent dans certaines parties des plantes, et qui sont consti-

tuées par des cellules qui communiquent ou se fusionnent pour former, non plus des vaisseaux, mais des réservoirs clos contenant différents liquides.

Les sucs qu'on trouve dans les vaisseaux laticifères, utriculeux ou autres, peuvent être laiteux ou gommeux, oléo-résineux, présentant des couleurs et des odeurs très-diverses. Le latex des Euphorbiacées, des Lobéliacées, des Chicoracées, etc., etc., est laiteux, celui du *Chelidonium majus* est jaune, celui du *Sanguinaria canadensis,* est rouge. Dans les Araliacées, il est limpide et gommeux, dans beaucoup d'Ombellifères et de Composées, il est coloré ou limpide, mais huileux et odorant ; dans les Conifères, il est résineux. Au microscope, ces différents sucs se présentent comme un liquide dans lequel nagent d'abondantes gouttelettes blanches ou colorées, de matières grasses ou résineuses.

C'est dans le liber et le tissu ambiant que l'on trouve le plus souvent les laticifères sous leurs différents aspects. Dans les Asclépiadées et les Apocynées, ils conservent la forme pointue des fibres libériennes, leur aspect strié, et se mêlent avec elles dans toute la couche libérienne, pénétrant même parfois dans l'écorce et dans la moelle, ou s'insinuant dans l'épaisseur des rayons médullaires.

Dans les Chicoracées (*Lactuca*), les Lobeliacées (*Lobelia*, *Centropogon*), les Campanulacées (*Campanula pyramidalis*, *C. rapunculus*, etc.), on les rencontre dans toute la partie libérienne des faisceaux fibro-vasculaires qu'ils suivent dans toute leur longueur, sous forme d'un réseau anastomosé.

Dans les Papavéracées (*Papaver*, *Chelidonium*), ils marchent isolément et en formant très-peu d'anastomoses ou de ramifications, si ce n'est dans les feuilles et les ovaires. C'est pourquoi on incise plus particulièrement la capsule du *Papaver somniferum* pour en extraire le suc laiteux qui, en se concrétant, devient l'opium. Quelques vaisseaux s'insinuent dans l'épaisseur des rayons médullaires et pénètrent jusque dans la moelle, d'autres circulent à travers le tissu fondamental.

Les laticifères des Euphorbiacées sont très-répandus dans le tissu fondamental ; ils remplacent quelquefois entièrement les fibres libériennes, forment des ramifications très-riches à la hauteur des

nœuds de la tige et envoient des rameaux dans la moelle et dans l'écorce. Il en est de même dans les Urticées, les Figuiers, le Houblon, etc.

Mais il est certaines plantes et même certaines familles de plantes, telles que les Aroïdées, dans lesquelles on trouve des vaisseaux laticifères jusque dans le bois. On rencontre même dans cette partie du faisceau ligneux des tubes spiralés pleins de latex.

Les vaisseaux dits particulièrement *utriculeux* se voient surtout dans les Amaryllidées et dans quelques Liliacées, par exemple dans les bulbes des *Allium* (Ail, Oignon, etc.), dans la tige des Narcisses. Mais, dans les Liliacées, il arrive souvent que ces vaisseaux ou files de cellules, ne contiennent que des raphides (*Scilla nutans*, *Muscari comosum, Ornithogalum pyrenaicum*, etc.).

Ajoutons que, quelle que soit la partie de la tige ou de la racine qu'ils parcourent, les vaisseaux laticifères ne sont jamais lignifiés, mais ont toujours, au contraire, des parois très-minces.

Préparation. — Les Euphorbiacées, les Chicoracées, les Campanulacées, les Lobéliacées sont très-propres à l'étude des laticifères sous un grossissement de 50 à 200 diamètres (obj. 3 N., 5 H. et Pr. ; 1/6 Swift ; D, Zeiss). Pour reconnaître leur forme, il peut être utile de faire bouillir pendant quelques instants dans la potasse les fragments de tiges dans lesquels on voit alors facilement les vaisseaux à latex au milieu des tissus devenus transparents.

Les canaux résineux peuvent être observés dans les Conifères, les Cycadées, les Térébinthacées, familles dans lesquelles ils contiennent une substance épaisse souvent appelée *baume*, composée d'une résine qui se concrète et d'une essence qui se volatilise en partie et en partie se résinifie ; dans les Ombellifères, où ils contiennent un liquide mucilagineux mêlé à une résine, une gomme résine (*asa fœtida*, *opoponax*) ; dans les Composées, où ils renferment des huiles essentielles souvent colorées et très-odorantes ; dans les Araliacées, certaines Aroïdées (*Philodendron pertusum*) et même dans les quelques Fougères (*Marattia*). Ces vaisseaux sont ordinairement simples, peu ou point anastomosés ou ramifiés ; ils marchent avec les faisceaux soit dans la partie libérienne (même dans l'écorce), soit dans la partie ligneuse.

Quant aux glandes internes, qui peuvent être considérées comme des laticifères réduits à une ou quelques cellules, on les étudiera dans le zeste de l'orange ou du citron, où elles sont closes, sous forme de grandes cellules pleines d'huile essentielle et résultant de la fusion de plusieurs cellules. Dans le *Viscaria rosa cœli*, elles débouchent au dehors. Les glandes de la Fraxinelle sécrètent une essence volatile et très-inflammable qui a rendu cette plante célèbre (*Dictamnus fraxinella*). Dans les jours de grande chaleur, surtout si l'on abrite la Fraxinelle sous une cloche, les vapeurs d'essence dégagées par les glandes forment autour de la plante une atmosphère inflammable.

Beaucoup de glandes s'ouvrent au dehors ou font essentiellement partie de l'épiderme ; nous les étudierons donc plus tard. Elles sécrètent, en général, des liquides qui rendent la plante visqueuse au toucher (*Nicotiana*, *Petunia*, fleurs du *Paulownia imperialis*, etc., etc.). Enfin, on en trouve à la base des pétales des fleurs où elles constituent ce qu'on appelle les *nectaires :* elles sécrètent, dans ce cas, une liqueur sucrée et aromatique, le *nectar*, que vont récolter les abeilles et les autres insectes melliphages.

L'examen des glandes au microscope les fera voir comme provenant d'une cellule qui s'est subdivisée en un plus ou moins grand nombre de cellules sœurs, lesquelles, après avoir pris un certain accroissement, se fusionnent en un réservoir unique où s'accumulent les produits les plus divers, gommes, essences, matières résineuses, mucilagineuses, sucrées, etc., etc.

III. Tissu tégumentaire.

L'Épiderme.

Les tissus qui forment les téguments des végétaux se composent de plusieurs couches distinctes dans les plantes supérieures où ils constituent l'*écorce*, mais dans les plantes simples, et notamment dans beaucoup de Cryptogames, ils ne sont formés que par une seule couche de cellules qui ne diffèrent guère que par leurs dimensions plus petites de celles des tissus sous-jacents. Cette couche

porte le nom d'*épiderme*. Souvent simple, comme nous venons de le dire, elle est souvent aussi composée de plusieurs assises de cellules. Mais, dans tous les cas, l'épiderme se distingue par la petitesse relative de ses cellules qui sont souvent épaissies ; il est percé de petits pores par lesquels l'air s'introduit dans le parenchyme, et qu'on appelle *stomates*, et porte des poils de diverses formes.

Lorsque l'épiderme est formé de plusieurs assises de cellules, celles-ci se sont constituées par la division ultérieure d'une rangée unique et primitive, superficielle, à laquelle on conserve plus spécialement le nom d'épiderme, tandis que les couches inférieures prennent le nom de *couches de renforcement*. Ces cellules, que l'on peut bien voir sur les feuilles des Bégonia, sont ordinairement plus grandes que celles de l'épiderme, et leurs parois sont plus minces ; elles renferment un protoplasma clair et limpide. Elles ne laissent point entre elles d'espaces intercellulaires (sauf ceux qui constituent les stomates).

Les cellules de l'épiderme sont, en général, dépourvues de chlorophylle ; toutefois dans beaucoup de Mousses et de Fougères, elles s'emplissent d'une matière colorante rouge ou brune. Leur paroi supérieure, c'est-à-dire externe, s'épaissit toujours beaucoup plus que les parois latérales ou profondes, et les lamelles épaissies formant la paroi supérieure des cellules se soudent les unes aux autres, de manière à former une membrane continue, la *cuticule*, dont la composition chimique subit bientôt une profonde modification : les solutions iodées ne la bleuissent plus, mais la jaunissent. Sa constitution est devenue albuminoïde ; elle ne se dissout plus dans l'acide sulfurique concentré (ce qui permet de l'isoler et d'en faire des préparations), mais au contraire dans la potasse bouillante.

Sous cette couche cuticulaire, la membrane cellulaire continue à s'épaissir. Elle est, en général, distinctement séparée de la lamelle extérieure cuticulaire, et bleuit par les solutions iodées. Il arrive parfois que la cuticule envoie des prolongements plus ou moins considérables entre les parois latérales des cellules épidermiques. Il nous paraît donc qu'on peut considérer la lamelle azotée qui

recouvre les cellules épidermiques comme un produit de sécrétion de ces cellules. Ce produit s'accompagne, d'ailleurs, de différentes autres matières cireuses ou résineuses qui viennent souvent se déposer à la surface externe de la cuticule, sous forme d'une efflorescence, le plus souvent blanchâtre ou bleuâtre, dont on remarque la présence sur les prunes, la tige du Ricin, du Chou, etc. (1).

La forme des cellules épidermiques est excessivement variée, et dans chaque plante on trouve, pour ainsi dire, une forme nouvelle. L'étude des cellules épidermiques, dont la préparation est du reste très-facile, est même pour les commençants un des meilleurs exercices et des plus attrayants, car elle révèle à la surface des feuilles, des tiges, des pétales, un nombre infini de mosaïques toujours variées, et toutes plus élégantes les unes que les autres. On peut dire, d'une manière générale, que dans les organes à croissance rapide et à direction très-allongée, comme les feuilles de beaucoup de Monocotylédones, les feuilles de la Jacinthe (fig. 76), de la Tulipe, de l'Oignon, etc., les cellules épidermiques sont allongées aussi dans le même sens que la feuille ou la tige. Elles sont toujours très-aplaties, mais peuvent avoir les formes les plus sinueuses, avec des dentelures qui s'engrènent les unes les autres. De points en points, on peut y remarquer des poils, et sur l'épiderme de la face inférieure des feuilles, on voit les pores respiratoires bordés de deux cellules qui en font comme une bouche garnie de deux

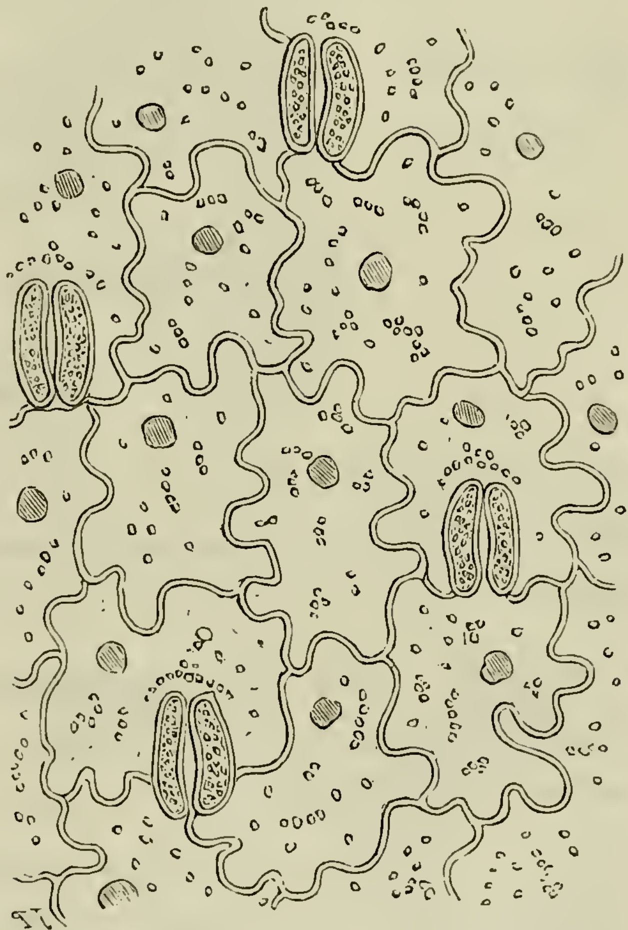


Fig. 101. — Épiderme d'une fronde de Fougère. Chaque cellule contient un noyau et de nombreux grains de chlorophylle. Stomates.

(1) Cette matière cireuse s'accumule en croûtes qui peuvent avoir jusqu'à cinq millimètres d'épaisseur sur la tige ou le fruit de certaines plantes, le *Myrica cerifera* ou arbre à cire, le *Ceroxylon Andicola*, etc.

grosses lèvres. Sur les feuilles de la Violette, du Lilas, du Buis, du Trèfle et de mille autres plantes, on verra des cellules sinueuses, mais un des épidermes les plus élégants dans sa texture est celui qui recouvre les pétales du *Pelargonium* que l'on trouve dans tous les jardins (*Pel. zonale*, par exemple (fig. 102), lequel est composé

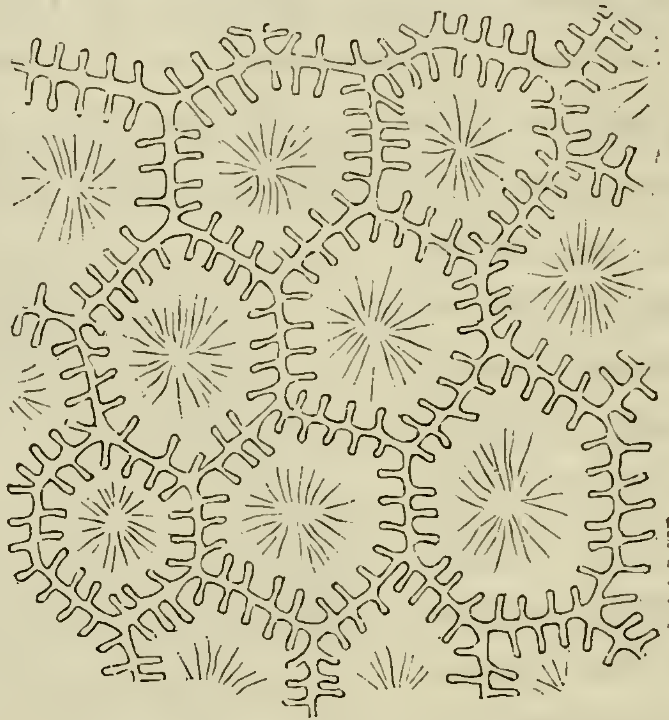


Fig. 102. — Épiderme des pétales du *Pélargonium zonale*.

de cellules à peu près hexagonales, mais dont chaque côté est frangé de replis perpendiculaires du plus charmant effet. Si l'on abaisse un peu l'objectif, on voit que le fond de chacune de ces cellules est historié de stries en faisceau étoilé.

Mais, de plus, ces cellules ne sont pas toujours simplement aplaties ou tabulaires, leur face supérieure s'élève souvent en papilles, en cônes ou en dômes de formes très-variées, et ce sont précisément ces papilles qui donnent aux pétales de beaucoup de fleurs leur aspect velouté. C'est ainsi que l'épiderme des pétales d'Abricotier, surtout vers leur bord, est formé de cellules en dôme ; celui des pétales de Roses est dans le même genre. Dans la Primevère de Chine (*Primula sinensis*), ces cellules sont complétement coniques, deux ou trois fois plus hautes que larges, ce qui donne à cet épiderme l'aspect d'une chaîne de montagnes hérissée de pics ardus (fig. 103).

Ce développement des cellules épidermiques en dehors du plan

général du tissu est un acheminement vers des productions plus considérables encore, mais analogues, c'est-à-dire les *poils* dont un

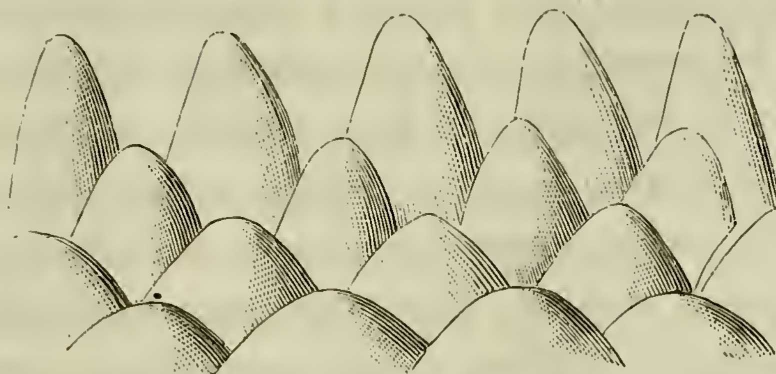


Fig. 103. — Epiderme pris sur les bords d'un pétale de *Primula sinensis*.

très-grand nombre de plantes sont pourvues et qui forment, avec les stomates, les productions épidermiques les plus importantes.

Productions épidermiques.

Les stomates.

Nous avons dit que l'épiderme des plantes et particulièrement celui de la face inférieure des feuilles, des parties vertes des tiges herbacées, est percé de nombreux pores par lesquels l'air s'introduit dans

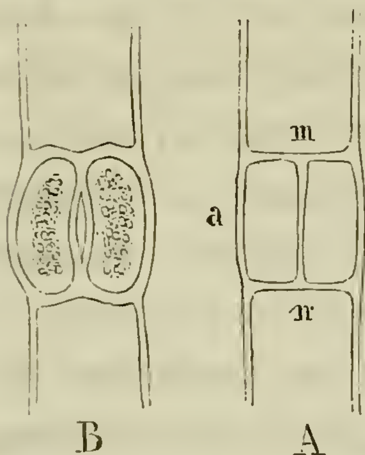


Fig. 104. — Formation d'un stomate.

A. Développement et subdivision de la cellule mère du stomate. — B. Formation de l'ostiole.

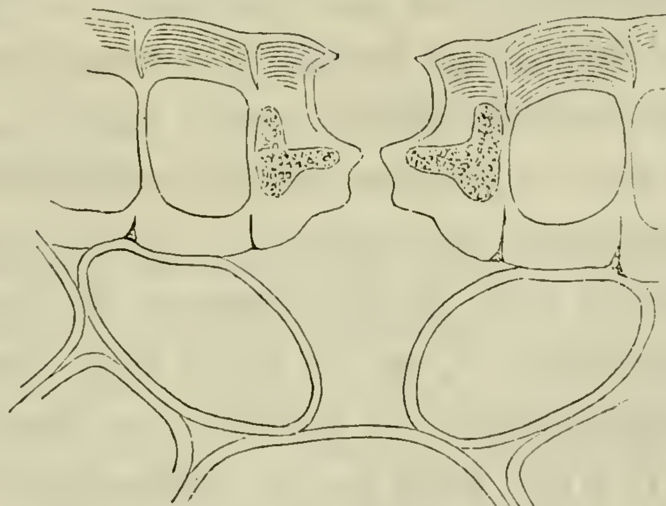


Fig. 105. — Coupe perpendiculaire d'un stomate.

L'épiderme présente une cuticule qui envoie des prolongements dans l'épaisseur de la paroi supérieure et endurcie de la première couche cellulaire. Au-dessous de l'ostiole et de l'étranglement est la chambre respiratoire.

le parenchyme de ces feuilles qui sont les organes respiratoires des végétaux. Ces pores ou *stomates* proviennent toujours d'une cellule épidermique qui se cloisonne et détermine dans une certaine partie

de sa capacité une petite cellule (*a*) (fig. 104, A) qu'on appelle *cellule mère du stomate*. Celle-ci se subdivise bientôt à l'aide d'une nouvelle cloison, longitudinale (*mn*), en deux autres cellules plus ou moins allongées qui formeront les lèvres du stomate. En effet, cette cloison ne tarde pas à se dédoubler en deux lamelles qui rendent indépendantes l'une de l'autre les deux cellules sœurs. Les deux lamelles s'écartent peu à peu et forment un espace, ou *ostiole*, encore fermé à sa surface par la cuticule. Mais l'écartement des deux cellules détermine la rupture de celle-ci et une ouverture se trouve pratiquée qui permet l'entrée de l'air, par l'ostiole, dans le parenchyme sous-jacent, lequel en cet endroit se creuse ordinairement d'une grande cellule ou d'une vaste lacune intercellulaire appelée *chambre respiratoire*. Les deux cellules stomatiques formant lèvres, s'emplissent de granules de chlorophylle, et la cuticule rompue qui les recouvre se prolonge jusqu'à une certaine profondeur dans l'ostiole, où se trouve ordinairement un petit étranglement qu'on observe sur les coupes transversales des stomates.

On remarque, en même temps, sur la coupe transversale, que le stomate se trouve souvent au fond d'une dépression plus ou moins marquée du tégument ; souvent sur le plan même de l'épiderme, d'autres fois sur une éminence. La formation des cellules ou lèvres du stomate est parfois plus compliquée. Il peut arriver que chaque lèvre soit elle-même formée, par un mode de subdivision particulier, de deux ou plusieurs cellules superposées, ce qui donne à l'ostiole une profondeur plus grande et, sur la coupe transversale, le transforme en une sorte de tube composé de deux ou de plusieurs bourrelets superposés. C'est ce qu'on peut observer sur les Crucifères, les Papillonacées, les Solanées, les Bégoniacées, les Crucifères, etc.

Il arrive aussi que la cellule épidermique qui a donné naissance à la cellule mère du stomate se cloisonne sur un de ses côtés, au lieu de se diviser dans toute sa largeur ; le stomate est alors accolé à l'une des parois latérales de cette cellule, comme on le voit dans beaucoup de Fougères (fig. 101). Mais elle peut aussi engendrer cette cellule mère au milieu de sa cavité, concentriquement ; le stomate est alors placé au milieu de cette cellule sans être en rapport avec aucune de ses parois latérales.

Dans certaines plantes, les Marchantiées, par exemple, la formation du stomate est encore plus compliquée : une cellule épidermique se subdivise en un grand nombre d'autres cellules autour d'un point central. Toutes ces cellules s'écartent du point central qui bientôt forme un trou arrondi, ourlé par un bourrelet de cellules de bordure, et sur lequel la cuticule se perfore. Ces cellules de bordure peuvent encore se subdiviser dans leur hauteur, et l'ostiole est tubulaire, formé de plusieurs assises de cellules de bordure composant comme des anneaux placés l'un sur l'autre. La chambre respiratoire est très-vaste dans ces plantes (*Marchantia polymorpha*), et il s'y développe de gros poils, courts, composés de cellules en chapelets pleines de grains de chlorophylle. C'est là, comme on le voit, un organe respiratoire très-complet et qu'on pourrait comparer aux cavités pulmonaires de certains animaux.

D'après la disposition plus ou moins régulière des cellules épidermiques, les stomates, qui sont formés par celles-ci, sont disséminés, soit en séries régulières (comme dans les Jacinthes, les Tulipes, etc., etc.), soit d'une manière assez confuse *(Cobœa scandens)*.

Leur nombre est ordinairement très-considérable et varie de 1 à 700 sur l'espace d'un millimètre carré ; cependant, il est, le plus ordinairement, inférieur à 100.

Les poils.

Les poils sont formés, ainsi que nous l'avons dit, par le développement d'une cellule épidermique qui peut prendre un accroissement considérable dans un seul sens ou dans plusieurs sens à la fois et former un poil unicellulaire simple ou un poil unicellulaire rameux. On observe ces poils simples dans un grand nombre de plantes et c'est eux, en particulier, qui constituent les poils radicaux qu'on trouve sur presque toutes les racines et les tiges souterraines. Beaucoup naissent sur les bourgeons, leur forment comme un vêtement laineux pour les préserver du froid (*Æsculus hippocastanum*, *Rhododendron cinereum*, *ponticum*, etc., etc.), et tombent un peu plus tard.

Comme exemple de poils unicellulaires rameux, nous pouvons ci-

ter ceux de la Giroflée quarantaine *(Matthiola annua)* (fig. 106), de l'*Alyssum calicynum*, du Lierre *(Hedera helix)*. Ces poils peuvent même revêtir la forme d'une étoile (*Aralia papyrifera*, *Deutzia gracilis*).

Mais la cellule pileuse peut se subdiviser de différentes manières, d'abord en longueur et former des poils composés de plusieurs cellules bout à bout. Tels sont ceux des Primevères, qui ont la forme d'une quille et sont composés de 4 à 6 cellules, ceux de l'ovaire des *Tradescantia* (fig. 107) qui sont disposés en longs chapelets, et de

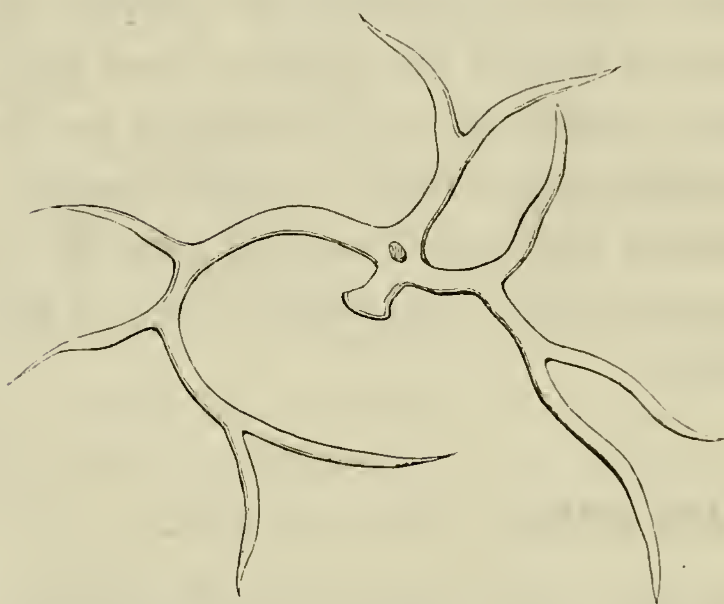


Fig. 106. — Poil unicellulaire rameux de *Matthiola annua*.

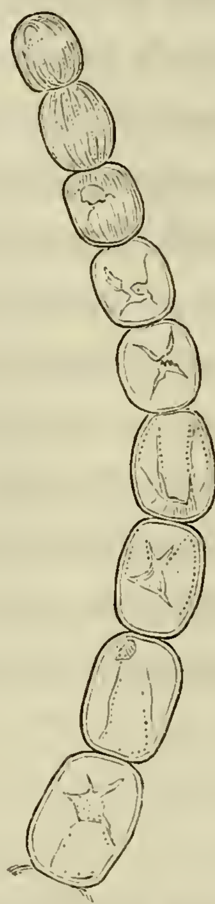


Fig. 107. — Poil moniliforme de *Tradescantia virginica*.

mille autres plantes. Ils peuvent aussi être rameux ou même peltés c'est-à-dire composés de cellules rayonnantes autour de la cellule formatrice, composant ainsi des poils en bouquet, si ces cellules sont indépendantes les unes des autres, en écusson si elles se soudent sur leurs côtés, ce qui forme une plaque arrondie marquée de stries rayonnantes et portée sur un court pédoncule *(Althœa rosea*, *Elæagnus reflexa*, *Pinguicula*, *Rhizophora*, Fougères, etc.), des poils en aigrette *(Azalea indica)*, des poils en rosette (Jasmin).

Souvent, enfin, les poils se compliquent d'un organe sécréteur ou

glande, qui peut être contenu dans une éminence parenchymateuse sur laquelle le poil est implanté ou bien être renfermé dans le poil lui-même. Ces glandes sont composées d'une ou plusieurs cellules et sécrètent des produits divers. C'est à des poils de ce genre, nous l'avons dit ailleurs, que beaucoup de plantes et de fleurs doivent leur viscosité. Telle est par exemple la fleur du *Paulownia imperialis* (fig. 108) qui présente un des plus beaux spécimens de poils glanduleux. Ces poils sont situés à l'extérieur de la corolle, gamopétale, principalement à la partie inférieure. Ils sont composés de plusieurs grandes cellules et se terminent par une dernière cellule, renflée en pomme de canne, laquelle contient une glande composée. De nombreuses gouttes d'huile essentielle sont répandues autour de cette glande.

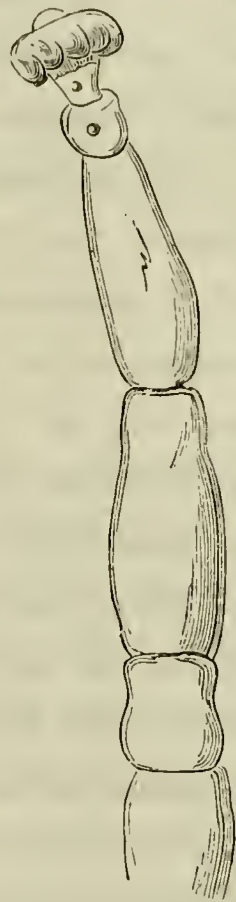


Fig. 108. — Poil glanduleux de *Paulownia imperialis*.

Les poils brûlants de l'ortie *(Urtica urens)*, qui sont décrits et figurés dans tous les ouvrages de botanique, sont portés sur une proéminence du parenchyme et contiennent à leur base une glande à venin.

Citons encore parmi les poils intéressants à étudier ceux des Mauves qui ont la forme d'une bouteille cachetée, ceux du Houblon (*Humulus lupulus)* qui sont doubles et terminés par deux crochets opposés, lesquels servent à la plante pour s'accrocher aux objets environnants ; ceux qui constituent les barbes de l'Orge, du Seigle et qui sont formés par un long stylet, à section ellipsoïdale, hérissé sur ses deux arêtes latérales de petites épines dures et aiguës, inclinées de bas en haut comme les dents d'une scie fine et acérée. Les poils des Labiées, de beaucoup de Solanées (*Hyosciamus*, *Nicotiana*, *Petunia)*, du Muflier *(Antirrhinum majus*, etc.), sont glanduleux, tandis que ceux de la Bourrache *(Borrago officinalis)* sont simples.

Préparation. — Pour préparer les épidermes végétaux avec leurs productions, stomates et poils, il suffit le plus souvent de les enlever par lambeaux à la surface des feuilles et des pétales, soit

avec les ciseaux courbes, soit avec les pinces. On les examine dans une goutte d'eau, de chlorure de calcium ou de glycérine. Il arrive souvent, en procédant ainsi, qu'on enlève avec l'épiderme une couche plus ou moins épaisse du parenchyme sous-jacent, gorgé de chlorophylle ou de la matière colorante des pétales. La préparation, dans ce cas, peut n'être nette que sur les bords, mais en la plaçant dans une goutte d'alcool que l'on renouvelle au fur et à mesure qu'elle s'évapore, on dissout la chlorophylle en assez grande quantité pour pouvoir donner partout à la pièce assez de transparence, surtout si l'on ajoute ensuite un peu de glycérine. On peut utiliser alors la préparation pour étudier la couche épidermique avec ses stomates, et en abaissant un peu l'objectif, le tableau change et l'on a une vue de la couche sous-jacente, dont les cellules diffèrent complétement de forme, le plus souvent, avec celles de l'épiderme proprement dit. On aperçoit, autour de chaque stomate, la chambre respiratoire vue en projection horizontale. Mais, pour avoir une idée complète de ces organes, il faut faire des coupes transversales de feuilles entre deux lames de sureau, ce qui permettra d'observer la disposition de la cuticule, de l'épiderme, des couches sous-jacentes, du parenchyme. Quant aux stomates, on sait qu'on les trouve surtout sur la face inférieure des feuilles ; les plus grands sont fournis par les Fougères. Les coupes transversales montreront les cellules de bordure simples ou multiples, l'ostiole, la chambre respiratoire et ses rapports avec le parenchyme. Le chlorure de zinc iodé indiquera la réaction de la cuticule, matière albuminoïde, et celles des parois des cellules épidermiques, substance celluleuse.

Si l'on veut observer la genèse des stomates, la formation de la cellule mère, sa subdivision en cellules de bordure, le déchirement de la cuticule pour constituer l'ostiole, il faut opérer sur des feuilles très-jeunes, encore renfermées dans le bourgeon. On trouvera sur leur épiderme des stomates à tous les degrés de développement.

Quant aux poils, on les reconnaîtra sur l'épiderme auquel ils restent implantés, mais on peut les séparer en grattant la surface des plantes avec un scalpel, ou, s'ils sont volumineux, en les enlevant avec une pince. Rien n'est plus facile que leur étude, et, en

opérant sur les épidermes de feuilles très-jeunes, on pourra les voir aux diverses phases de leur formation.

Des grossissements de 50 à 200 diamètres sont suffisants pour observer la forme des mosaïques épidermiques, mais pour étudier la morphologie des stomates ou la circulation intracellulaire dans certains poils, il faudra employer des grossissements de 3 à 500 diamètres (obj. 5 N., 9 H). Dans ce dernier cas, on se sert, comme véhicule, d'eau filtrée ou d'eau gommeuse. L'étude des poils glanduleux est aussi fort intéressante et n'offre aucune difficulté.

Hypoderme.

Au-dessous de l'épiderme et de ses couches de renforcement, s'il y en a, on trouve souvent des couches ou des faisceaux de cellules qui procèdent non de l'épiderme, mais du tissu fondamental dont elles sont une modification : c'est l'*hypoderme*. Ces cellules, quelquefois minces et transparentes, sont le plus souvent très-épaissies, sclérenchymateuses, mais quelquefois aussi, épaissies sans être sclérenchymateuses ; elles ont la propriété de se gonfler beaucoup dans l'eau. Ce tissu porte alors le nom de *collenchyme*. On trouve ce tissu dans les Fusains (*Evonymus latifolius*), dans le Laurier rose (*Nerium oleander*), etc.

Dans les Broméliacées, les Commélinées (*Tradescantia*), on trouve un abondant hypoderme, hyalin et aqueux ; dans les Prêles (*Equisetum*) et les Fougères, il est sclérenchymateux.

Les couches hypodermiques, très-fréquentes sous les épidermes simples, sont au contraire très-rares sous les épidermes composés de plusieurs assises. Leurs cellules, ordinairement plus grandes que celles de l'épiderme, sont, ordinairement aussi, plus petites que celles du tissu fondamental dont elles procèdent.

Préparation. — Toute la préparation de ce tissu consiste dans des coupes transversales de tiges, de branches ou de pétioles convenablement choisis et dans des coupes longitudinales pratiquées dans divers sens, de manière à passer par les couches hypodermiques.

Couches subéreuses.

Dans beaucoup de plantes simples, le système tégumentaire se réduit à un épiderme simple ou multiple, ou à un épiderme doublé d'un hypoderme, mais, dans les plantes plus compliquées, les téguments, l'*écorce*, se composent de plusieurs autres couches, et celle qu'on trouve sous l'hypoderme est la *couche subéreuse* ou couche du *liége*. C'est elle qui prend dans certains arbres, par exemple, dans le Chêne liége (*Quercus suber*), un si grand développement.

Lorsqu'on écorche les téguments d'une plante et qu'on enlève l'épiderme, celui-ci ne se régénère plus, c'est une couche de liége qui se forme et qui remplit la blessure. Cette formation du liége, notamment dans les plantes arborescentes, est normale, et bientôt l'épiderme et les couches sous-jacentes sont isolés du reste de l'écorce par une couche subéreuse plus ou moins épaisse. Aussi, sur les arbres, est-ce le plus souvent la couche subéreuse qu'on trouve à l'extérieur, recouverte seulement par places d'un épiderme mortifié. Ce manchon de liége qui enveloppe ainsi la tige, constitue le *périderme*.

La couche du liége est formée, presque toujours, par la division des cellules sous-épidermiques. Celles-ci se divisent par des cloisons parallèles à la surface de la tige ou de la branche, et des deux cellules ainsi formées, l'une interne, reste molle, hyaline, à parois minces, munie de protoplasma, l'autre, la plus voisine de la surface, s'épaissit, perd son protoplasma et se remplit d'une matière élastique, légère, solide, résistant énergiquement aux agents extérieurs. C'est le liége. Les cellules subéreuses sont ordinairement cylindriques ou parallélipipédiques, et ne renferment que de l'air. Elles sont fortement serrées les unes contre les autres et ne laissent pas de méats intercellulaires.

Quant à la première cellule qui est restée mince et a gardé son protoplasma, elle se subdivise bientôt à son tour et forme à sa partie externe, une nouvelle cellule subéreuse qui s'ajoute à la précédente pour constituer une seconde assise, tandis qu'à sa partie interne, elle régénère une cellule à protoplasma qui se subdivisera

encore pour former une troisième assise subéreuse. On voit donc qu'il reste toujours à la partie interne de la couche subéreuse une couche vivante qui engendre le suber à sa surface externe, comme le cambium engendre le liber. Aussi l'appelle-t-on *cambium subéreux* ou *phellogène.*

On comprend que la couche subéreuse pourra ainsi se trouver stratifiée. Il peut même se produire des rangées de cellules plus petites et, par conséquent, moins adhérentes, de telle sorte que, l'arbre venant à croître en diamètre, des couches subéreuses externes pourront se détacher sous formes de plaques (*Platanus orientalis*) ou sous forme d'anneaux (Cerisier) suivant la disposition des assises de moindre résistance. Ordinairement, ces couches se fendillent et se crevassent dans des directions plus ou moins irrégulières sous l'effort de l'accroissement.

Quelquefois la formation subéreuse est plus compliquée et le cambium phellogène fournit, en dehors, une couche de liége pendant qu'il produit, en dedans, une assise parenchymateuse qui se remplit de chlorophylle. Ce parenchyme cortical subéreux s'ajoute ainsi au parenchyme cortical vert qui est situé sous cette couche.

Enfin, il peut arriver encore que la couche subéreuse envoie, dans l'épaisseur des couches sous-jacentes, des prolongements qui séparent des parties de tissus vivants et les font passer à l'état de périderme ; ces parties constituent le *rhytidome.* C'est par un travail de cette nature que se détachent les plaques péridermiques du Platane, du Pin sylvestre, du Cerisier, etc., etc.

Préparation. — On peut étudier la constitution du tissu subéreux sur des coupes minces dans les bouchons de liége. Sur les cellules qui le composent, on reconnaît facilement les propriétés de la substance subéreuse et sa résistance aux réactifs. (C'est précisément en raison de sa grande résistance et de sa longue inaltérabilité qu'on emploie le liége à la confection des bouchons).

Mais, pour étudier la formation de la couche subéreuse dans les tiges, il faut pratiquer des coupes dans des organes de plus en plus âgés.

CHAPITRE IV

LA TIGE ET LA RACINE.

Après avoir indiqué sommairement la composition des tissus végétaux, il convient que nous résumions ces données en présentant un tableau général de la structure des différentes classes de plantes, telle que le microscope nous la révèle *a priori*, et nous laisserons aux botanistes le soin d'approfondir ces données. Les Dicotylédones présentant l'organisation la plus complète, c'est par elles que nous commencerons.

Dicotylédones. — La plante, d'une manière générale, se compose de deux parties, une partie aérienne : la tige avec ses rameaux et ses feuilles ; et une partie souterraine : la racine avec les radicules et radicelles. L'une et l'autre existent déjà dans l'embryon, avec les éléments de leurs tissus formateurs.

Sauf dans quelques plantes dégradées, la tige la plus jeune, chez les Dicotylédones, renferme un certain nombre de faisceaux vasculaires dont se détachent, de distance en distance, des vaisseaux qui se distribuent aux feuilles et aux rameaux, en des points qui constituent les entre-nœuds et sont placés sur la tige suivant des formules très-diverses.

A mesure que la tige s'allonge, par la multiplication des cellules constituant le *cône de végétation*, de nouveaux faisceaux se forment à la hauteur des nœuds ou des points d'insertion des nouvelles feuilles, et, pendant que ces faisceaux s'allongent, par en haut, dans les pétioles et dans les feuilles, ils s'allongent aussi, par en bas, et descendent dans la tige ; ils s'insinuent entre les vaisseaux qui descendent de feuilles plus âgées et situées plus bas, pour se souder avec eux ou se juxtaposer, après s'être souvent ramifiés ou avoir subi différentes déviations ou torsions qui en rendent parfois la marche difficile à suivre. Ces faisceaux venant des feuilles pénètrent peu profondément dans l'épaisseur de la tige, ils se fléchissent tout de suite par en bas, descendant parallèlement à la surface

et à une distance sensiblement égale de cette surface. Sur une section transversale, ils sont donc disposés sur un cercle qui détermine, dans le tissu fondamental de la tige, une partie centrale, la moelle, et une partie périphérique, l'écorce primaire. Entre eux, le tissu fondamental forme les rayons médullaires primaires.

Dans certaines plantes annuelles, le développement de la tige en reste là, mais le plus souvent, même dans les plantes annuelles, la tige éprouve un accroissement en vertu duquel il naît entre la partie libérienne et la partie ligneuse de chaque faisceau, un arc de cambium ; et tous ces arcs, séparés d'abord par les rayons médullaires, ne tardent pas à se réunir sur leurs bords pour former un anneau d'accroissement qui produit des couches libériennes vers l'écorce et des couches ligneuses vers le bois, en même temps qu'il s'étend lui-même en surface.

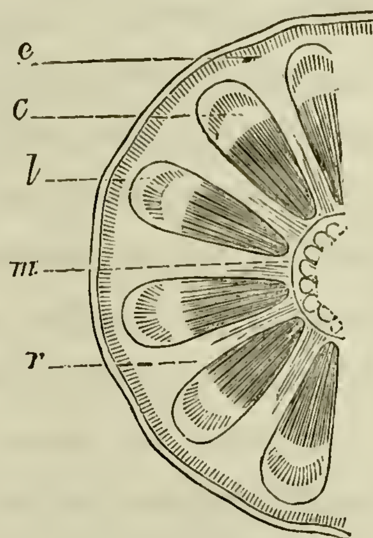


Fig. 109. — Coupe transversale d'une jeune tige dicotylédone (Schéma).

e, écorce primaire; *c*, cambium d'un faisceau fibro-vasculaire ; à la partie supérieure du faisceau est le liber, *l*, et à la partie inférieure, le bois; *r*, rayon médullaire; *m*, moelle.

L'écorce ainsi produite est l'écorce secondaire, et le bois engendré par le cambium est le bois secondaire. On distingue cette écorce et ce bois de ceux qui sont déterminés par les faisceaux primaires, antérieurs à la formation du cambium. Ces faisceaux primaires, serrés les uns contre les autres, font souvent saillie dans la moelle, à laquelle ils donnent des formes variées, et constituent l'*étui médullaire*. Nägeli appelle *étui cortical* l'ensemble formé par la partie libérienne de tous les faisceaux primaires, comme on appelle étui médullaire l'ensemble formé par la partie ligneuse de ces mêmes faisceaux.

Ces faisceaux primaires, ligneux ou libériens, étui médullaire et étui cortical, ont suivi tout l'allongement de la tige ; ils sont donc formés des éléments les plus longs en même temps que les plus âgés : vaisseaux annelés, spiralés, réticulés, à longs articles, fibres ligneuses très-allongées, pour l'étui médullaire ; et cellules cambiformes, grandes fibres libériennes, vaisseaux grillagés ou criblés à longs articles, pour l'étui cortical. A mesure que la tige s'épaissit,

les faisceaux ligneux primaires sont refoulés et pressés vers le centre, tandis que les faisceaux libériens sont repoussés vers la périphérie et de plus en plus écartés.

L'écorce et le bois secondaires, formés par le cambium, renferment des éléments moins longs : plus de vaisseaux annelés ou spiralés, dans le bois, mais des vaisseaux ponctués ou aréolés, plus larges et composés d'articles moins longs, avec des fibres ligneuses courtes et des cellules parenchymateuses lignifiées. Dans l'écorce secondaire, sont des fibres libériennes épaisses, mêlées à des cellules à parois minces et parenchymateuses, ou ces dernières seulement, lesquelles repoussent de plus en plus l'écorce primaire et l'épiderme vers la périphérie, jusqu'à ce que, même, une formation subéreuse les fasse passer à l'état de périderme et de rhytidome, en détermine l'exfoliation et la chute.

Quant aux rayons médullaires, ils deviennent de plus en plus étroits ; leurs cellules, horizontales, ne sont pas toujours lignifiées dans le bois, et restent molles dans le liber. Chaque rayon se compose en effet de deux parties opposées bout à bout, la partie ligneuse et la partie libérienne. Le nombre de ces rayons augmente en même temps que l'anneau cambial s'étend. Sur les coupes transversales ils représentent des lignes rayonnantes ; mais sur les coupes longitudinales, on les voit s'insinuer, en lames plus ou moins épaisses, entre les mailles que forment les faisceaux vasculaires dont la marche dans la tige n'est pas rectiligne mais toujours onduleuse.

Les rayons médullaires s'allongent du centre à la périphérie, aux dépens de la partie de l'anneau cambial qui leur est propre.

Lorsque, comme dans nos climats, l'accroissement des plantes cesse périodiquement à la fin de tous les automnes pour reprendre au commencement de tous les printemps, il se forme chaque année une nouvelle couche de bois secondaire et aussi d'écorce ; mais la formation du printemps n'a pas le même aspect que la formation de l'automne précédent, les cellules en sont plus larges dans le sens du rayon, moins serrées, à parois plus minces, tandis que celles de l'automne, petites, serrées, épaisses, ont leur plus grande largeur dans le sens transversal. Cette différence d'aspect rend très-faciles à distinguer les formations ligneuses de chaque an-

née, ainsi que tout le monde a pu le constater sur la coupe transversale de presque tous les bois.

Tel est le mode de formation de la tige des Dicotylédones. Cependant, on trouve dans certaines plantes, et même dans certaines familles, des anomalies remarquables. Dans plusieurs Sapindacées, par exemple, on trouve, sur la coupe transversale, outre le cercle normal formé par le bois, d'autres petits cercles excentriques qui s'accroissent, comme le premier, à l'aide d'une couche cambiale particulière, comme si la tige était composée d'une tige centrale et de plusieurs autres tiges latérales et accolées. Les faisceaux primaires de la tige, au lieu de former un seul cercle, sont disposés en plusieurs groupes et dans chacun de ces groupes une couche cambiale s'organise.

D'autres anomalies peuvent résulter de la formation secondaire de vaisseaux surnuméraires, propres à la tige, qui se développent hors du cercle des vaisseaux foliaires, soit en dehors, dans l'écorce, soit en dedans, dans la moelle. On trouvera ces anomalies diverses dans les Belles-de-nuit (*Mirabilis Jalapa)*, les Amaranthes (*Amaranthus*), les *Atriplex*, *Phytolacca*, les Bauhiniées, Polygalées, les genres *Cucurbita*, *Nymphœa*, *Begonia*, *Aralia*, *Piper*, etc.

Si l'on examine maintenant la racine, on lui trouve une composition générale qui rappelle beaucoup celle de la tige, mais qui présente cependant quelques différences (1). Le mode de développement des racines diffère, d'ailleurs, essentiellement de celui de la tige, et, très-souvent, son accroissement en largeur est très-limité, tandis que l'allongement peut être indéfini.

Toute racine, que ce soit la racine principale ou une racine secondaire, c'est-à-dire formée sur la première, est recouverte par un épiderme dont quelques cellules s'accroissent pour former des poils très-délicats qu'on appelle *poils radiculaires*. Son extrémité est toujours recouverte par une petite masse de tissu cellulaire spongieux, ayant la forme d'une calotte, et qu'on appelle *coiffe ;* cette coiffe recouvre la cellule ou les cellules terminales végétatives

(1) L'étude morphologique de la racine dans les différentes classes végétales constitue un des chapitres les plus vastes de l'anatomie végétale, on comprend donc que nous ne pouvons ici qu'effleurer ce sujet ; nous renvoyons pour de plus amples détails aux ouvrages d'organogénie botanique.

de ce cône de végétation, par lesquelles la racine s'accroît en longueur, grâce à la subdivision. La coiffe prend un grand développement à l'extrémité des racines qui vivent dans l'eau.

Au-dessous de l'épiderme, on trouve un parenchyme cortical et enfin, au centre, un cylindre central de tissu fondamental ou *plérome* qui, dans les racines minces, se transforme tout entier en une masse fibro-vasculaire ou ligneuse, mais qui, dans les grosses racines, conserve un axe cellulaire formant la moelle. Des faisceaux fibro-vasculaires en nombre plus ou moins grand, faisceaux primaires, naissent près du bord périphérique du plérome. Puis, sur le bord interne de ces premiers faisceaux s'en développent d'autres

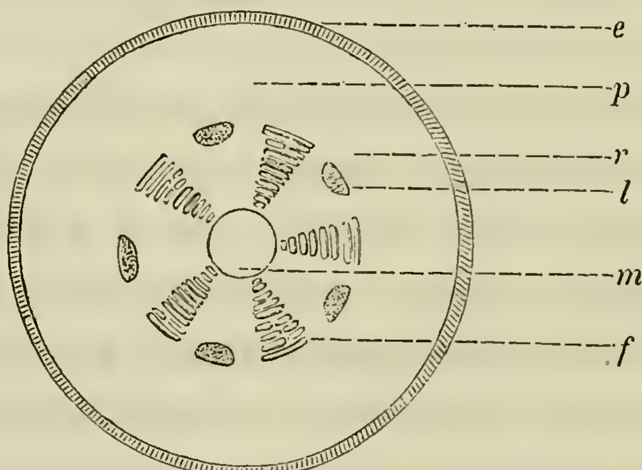


Fig. 110. — Coupe transversale d'une jeune racine (schéma).
m, moelle; *e*, épiderme; *p*, parenchyme cortical; *f*, faisceaux vasculaires; *l*, faisceaux libériens.

qui s'avancent de plus en plus vers le centre, de sorte que si le plérome renferme 4 faisceaux primaires, la coupe transversale donnera au bout d'un certain temps la figure d'une croix. Entre les 4 bras ligneux de cette croix règnent 4 rayons médullaires. C'est en regard de ces faisceaux primaires que naissent les radicelles, et entre ces faisceaux se développent, souvent mais pas toujours, des faisceaux libériens.

Dans les racines qui prennent peu d'accroissement diamétral, la formation en reste là, mais si un développement secondaire a lieu, on trouve, entre les faisceaux vasculaires et sur le bord interne des faisceaux libériens, un véritable cambium qui se comporte comme celui de la tige et engendre, en dehors, un liber, en général mou, et, en dedans, des faisceaux fibro-vasculaires.

Il résulte de cette formation que si l'on fait des coupes trans-

versales dans diverses racines, on pourra en trouver qui ne contiennent pas de moelle et dont tout l'axe central est lignifié, dans d'autres, au contraire, on trouvera une moelle ordinairement plus petite que dans la tige; l'aspect général de la coupe sera donc très-analogue à celui de la tige. L'écorce pourra d'ailleurs présenter les mêmes couches, plus ou moins développées, que la tige, y compris la couche subéreuse.

Gymnospermes. — Beaucoup de botanistes séparent avec raison des Dicotylédones, pour en former un ordre à part parmi les Phanérogames (1), les familles des Cycadées, des Conifères et des Gnétacées, sous le nom de *Gymnospermes*.

La tige de ces plantes, même lorsqu'elle est complétement lignifiée, comme dans les Conifères, par exemple, se distingue de celle des Dicotylédones par l'absence de vaisseaux proprement dits en dehors de ceux qui forment l'étui médullaire. Ces derniers sont disposés aussi en cercle et limitent une moelle et une écorce primaires. Ils sont, comme dans les Dicotylédones, composés de vaisseaux annelés, spiralés et réticulés, mais lorsque le cambium qui naît entre ces vaisseaux vient constituer une formation secondaire, on ne trouve, dans les faisceaux ligneux formés par cette couche génératrice, que des cellules vasculaires ajustées bout à bout en bec de flûte et le plus souvent aréolées. Ces ponctuations aréolées sont ordinairement rondes, quelquefois allongées, regardent les rayons médullaires, lesquels sont généralement très-minces (fig. 99).

Le bois des Conifères, comme celui des Cycadées d'ailleurs, ne se compose donc que d'un prosenchyme lignifié. Celui des Gnétacées (*Ephedra*) se rapproche davantage de celui des Dicotylédones en ce que, si les éléments qui le composent sont encore des cellules allongées placées bout à bout, les cellules d'une même file longitudinale communiquent souvent par des trous percés à travers leur paroi transversale.

Dans les coupes que l'on fera dans le bois des Conifères et des Cycadées, on trouvera un grand nombre de canaux sécréteurs

(1) Cette division est établie sur ce caractère très-important que les Gymnospermes n'ont point d'ovaire, mais des graines nues.

pleins de résine chez les premiers (1), de matière gommeuse chez les seconds. Ces canaux se trouvent dans la moelle, dans le bois, dans l'écorce et même dans les feuilles.

Quant à la racine, elle présente, chez les Gymnospermes, les caractères généraux que nous avons signalés brièvement dans la racine des Dicotylédones.

Monocotylédones. — La structure de la tige, chez les Monocotylédones, diffère notablement de ce que nous avons vu chez les Dicotylédones.

Ici, en effet, les faisceaux fibro-vasculaires, communs aux feuilles et à la tige, au lieu de s'enfoncer dans cette dernière et de se recourber presque immédiatement par en bas, pour descendre dans le tissu fondamental parallèlement à la surface de l'organe, décrivent une courbe prononcée, dans l'épaisseur de ce tissu, puis se rapprochent de la surface, après avoir formé une espèce d'anse, en s'amincissant graduellement. Si donc on pratique une coupe transversale, on trouve ces faisceaux à différentes profondeurs dans le tissu fondamental et avec des diamètres très-divers. Dans une coupe longitudinale suivant un rayon, on les voit se croiser les uns les autres, en raison de leur courbure qui se fait à des hauteurs différentes. Cependant, sur les plantes dont la tige est formée d'entre-nœuds très-longs, comme les Graminées, on les trouve à peu près parallèles, parce que les courbures se font à la hauteur des nœuds.

La coupe transversale d'une tige de Palmier ne donnera pas une série d'anneaux concentriques, mais un tissu fondamental recouvert d'un épiderme et de téguments plus ou moins épais, et dans ce tissu, des faisceaux disséminés, souvent de manière à former des figures régulières, mais souvent aussi sans ordre apparent.

Dans les cas, cependant, où ces faisceaux recouvrent le parallélisme pendant une longue partie de leur parcours, ils formeront encore un cercle, limitant un espace circulaire intérieur et déterminant comme un étui médullaire. Le tissu fondamental ou médullaire de cet espace circulaire intérieur peut se détruire, et l'on aura une

(1) Excepté dans les Ifs (*Taxus*).

tige creuse, comme dans les Graminées. Dans les Roseaux, au contraire, il peut persister sous forme d'un prosenchyme léger et spongieux.

On fera dans les tiges de *Canna* et de *Dracæna* des coupes très-élégantes dans lesquelles on retrouvera les faisceaux régulièrement disposés en cercles dans le tissu fondamental, mais sans former un

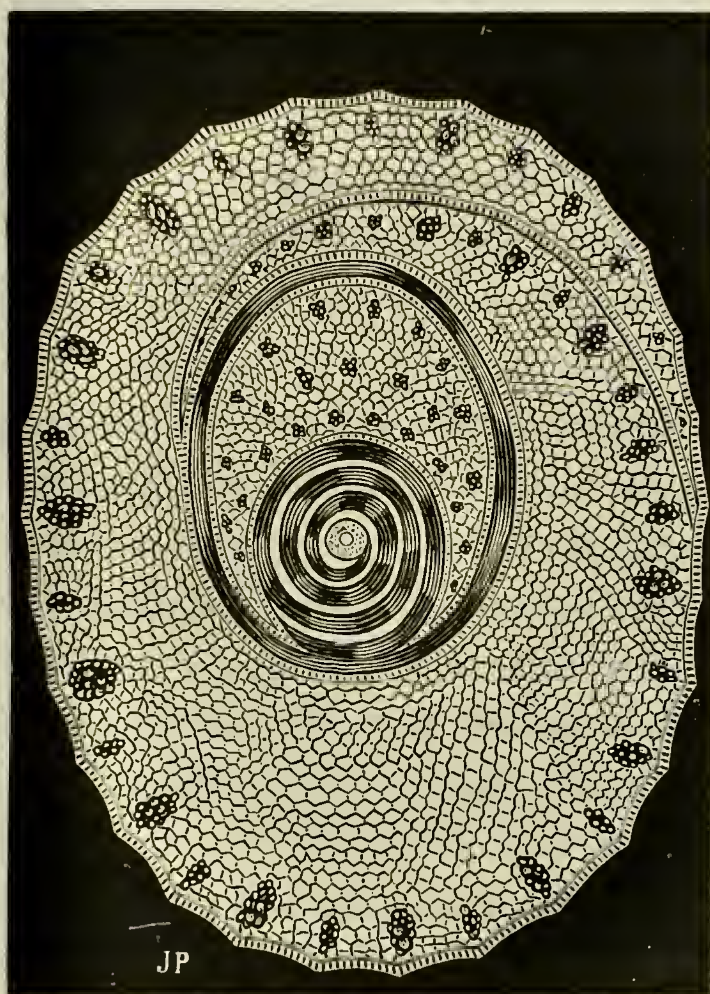


Fig. 111. — Coupe transversale de l'extrémité de la tige du *Dracæna brasiliensis*.

anneau fermé et, par conséquent, sans limiter une moelle proprement dite. Ils paraissent plutôt plongés dans la substance même de la moelle qui forme la presque totalité de la tige. On observera en même temps le mode d'enroulement des feuilles autour des tiges (fig. 111).

Ces faisceaux des Monocotylédonées ne pouvant pas se réunir, en raison de leurs directions diverses, en un même point, ne peuvent donc pas former entre eux d'arc cambial ; ce sont eux, en effet, que nous avons appelés des faisceaux fermés, libériens à leur côté externe, ligneux au côté interne. La tige ne peut donc s'épaissir en diamètre. Chaque entre-nœud formé conserve son diamètre primitif,

tandis que l'entre-nœud suivant est un peu plus épais, par la formation de nouveaux faisceaux, que l'entre-nœud inférieur. Cependant, il arrive un moment où la plante n'augmente plus en vigueur et où les entre-nœuds se succèdent à peu près avec un diamètre égal. Si la *tige*, ou *stipe*, de certains Palmiers paraît notablement plus épaisse à la partie inférieure que vers le sommet, c'est qu'elle est recouverte par les épais pétioles engaînants et persistants des anciennes feuilles tombées.

Dans la racine des Monocotylédones, on rencontre un épiderme, un parenchyme cortical et un plérôme. On retrouve, à la disposition des faisceaux qui parcourent le plérôme, les mêmes caractères que dans la tige des plantes Dicotylédones, c'est-à-dire des faisceaux libéro-ligneux, libériens en dehors, ligneux en dedans, alternant sur la périphérie du cylindre central avec des faisceaux libériens, et c'est par là que la racine diffère essentiellement de la tige. Elle diffère, d'autre part, de la racine Dicotylédone par l'absence d'arcs cambiaux sur la face interne des faisceaux libériens. Elle n'a donc pas de formation secondaire, elle conserve toujours son organisation primaire et ne grossit pas. Elle s'allonge seulement par un massif de cellules qui la termine et qui compose son point végétatif.

Quant aux *bulbes* si fréquents dans les Monocotylédones, surtout dans les familles des Liliacées, Amaryllidées, etc., ce ne sont point des racines, mais de véritables bourgeons dans les éléments desquels se sont emmagasinées de grandes quantités de matériaux nutritifs.

Cryptogames. — Beaucoup de Cryptogames comme les Algues, les Champignons, les Lichens, n'ont point de tige ni de racine proprement dites ; leur système végétatif consiste en des filaments ou des expansions cellulaires qu'on appelle *thalle*. Aussi ces plantes sont-elles désignées sous le nom général de *Thallophytes*. Avec les Characées seulement commence la formation d'une tige accompagnée de ramifications verticillées ; mais cette tige est uniquement cellulaire, et, bien que recouverte par un tégument extrêmement élégant dont l'étude microscopique est très-intéressante, elle ne contient encore aucun vaisseau. Dans certaines Mousses, seulement, une

couche épidermique se différencie bien nettement, et, dans l'axe de la tige, on voit les cellules du tissu fondamental s'allonger et s'assembler en un rudiment de faisceau dont on retrouve même parfois l'indication dans l'axe des feuilles, auxquelles il forme comme une nervure médiane. Les racines, dans toutes ces plantes, ne sont que des poils radiculaires souvent colorés en brun, comme l'épiderme dont ils procèdent.

C'est chez les Cryptogames vasculaires, et notamment chez les Fougères, dont beaucoup d'espèces deviennent arborescentes, que l'on observe de véritables tiges parfaitement constituées. Ces tiges sont souvent souterraines, comme celles du *Pteris aquilina* que l'on trouve dans tous les bois, quelquefois rampantes ou grimpantes.

Quelle que soit leur allure, ces tiges présentent les caractères suivants : dans les petites espèces ou dans les jeunes plantes, on trouve, dans le tissu fondamental recouvert d'une écorce, un faisceau central; mais dans les espèces plus grandes ou plus développées, ce faisceau est remplacé par une série de faisceaux anastomosés entre eux et composant un réseau à larges mailles. Dans l'intérieur du manchon formé par ce réseau est un cylindre central de tissu fondamental ou médullaire et, à l'extérieur, une région corticale primaire. Les faisceaux sont, le plus souvent, aplatis en rubans, avec leurs bords externes enroulés vers la surface de la tige. De ces bords se détachent les faisceaux très-minces qui se rendent aux feuilles, d'autant plus nombreux que le pétiole est plus gros. Ce pétiole est toujours inséré sur une maille du réseau vasculaire.

Mais, outre le réseau vasculaire dont la coupe transversale fournit une série de points dispersés en un cercle quelquefois régulier, on rencontre souvent des faisceaux isolés plus ou moins considérables. C'est ainsi que le *Pteris aquilina* présente dans la partie médullaire deux gros faisceaux internes. Tous ces faisceaux appartiennent en propre à la tige et sont, d'ailleurs, des faisceaux fermés dont la partie ligneuse, composée de cellules vasculaires à ponctuations aréolées très-allongées (cellules superposées en bec de flûte, pour former les vaisseaux scalariformes) et de vaisseaux spiralés, est entourée par la partie libérienne. Celle-ci est composée

elle-même, à sa périphérie, de longues fibres à parois épaisses, et, à son centre, de cellules grillagées et de tubes criblés, mêlés de cellules contenant de l'amidon. Enfin, les faisceaux sont ordinairement enveloppés d'une couche cellulaire formant gaîne, très-épaissie et fortement colorée en brun.

Le parenchyme fondamental n'est pas toujours homogène; chez certaines espèces, notamment dans les Fougères arborescentes et chez le *Pteris aquilina*, il se trouve, dans quelques parties, condensé en rubans sclérenchymateux ou en faisceaux de diverses formes toujours très-fortement colorés en brun. Dans le *Pteris aquilina*, on voit deux larges expansions de cette nature, entre le réseau vasculaire et les deux faisceaux du centre ; ce sont ces deux expansions d'un brun noir qui, sur la coupe transversale, rappellent plus ou moins le dessin d'un aigle à deux têtes, d'où vient le nom de cette Fougère. Enfin, dans le parenchyme, on trouve encore d'autres petits filets de sclérenchyme coloré, et souvent même une couche semblable règne sous l'épiderme sur toute son étendue, excepté le long de deux lignes latérales (*Pteris aquilina*) ou au niveau de petites ouvertures placées au coussinet des feuilles (Fougères arborescentes), ce qui permet à l'air de pénétrer dans le tissu fondamental (fig. 112).

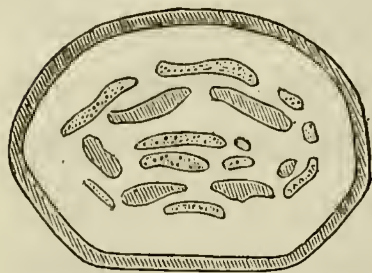


Fig. 112. — Coupe transversale d'une tige de Fougère (*Pteris aquilina*).

Dans le parenchyme, enveloppé par une couche épidermique, on voit une zone externe de faisceaux vasculaires séparée du groupe des faisceaux vasculaires centraux par une couche de sclérenchyme qui se divise ici en six faisceaux désignés sur la gravure par des hachures.

Les Fougères n'ont, le plus souvent, que des racines très-grêles, formant des filaments feutrés excessivement épais et qui naissent tout le long de la tige à la base des pétioles. Ces racines persistent et forment, à la partie inférieure du stipe des Fougères arborescentes, un épaississement considérable qui fait supposer que la tige y est plus grosse qu'à la partie supérieure. C'est une erreur, la tige, chez ces plantes, étant dénuée d'accroissement secondaire est toujours plus grêle à son origine. Dans les grandes espèces qui donnent des racines de quelques millimètres de diamètre, on peut reconnaître que ces racines se composent d'un épiderme, d'un paren-

chyme cortical, contenant souvent des vaisseaux laticifères pleins de matière gommeuse et tannique, et d'un cylindre central. Dans ce dernier, deux faisceaux vasculaires sont opposés, aux deux extrémités d'un diamètre, et flanqués à droite et à gauche d'un faisceau libérien aplati. Ou bien, on trouve un plus grand nombre de faisceaux fibro-vasculaires rayonnants, alternants avec des faisceaux libériens, rayonnants aussi, laissant les uns et les autres un centre et des rayons médullaires.

Quant aux Équisétacées, aux Marsiliacées, aux Lycopodiacées qui complètent avec les Fougères la division des Cryptogames vasculaires, nous avons peu de choses à en dire. Après les détails dans lesquels nous sommes entrés, on reconnaîtra facilement, dans la tige de ces petites plantes, les différents éléments formateurs que nous avons indiqués.

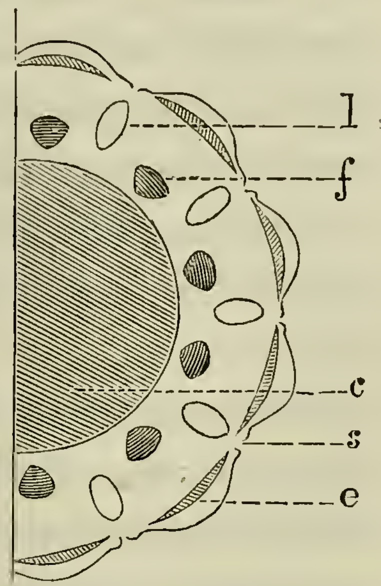


Fig. 113. — Coupe d'une tige d'Equisetacée (schéma).

e, épiderme doublé sous les cannelures de la tige d'un hypoderme épaissi; *s*, stomate; *f*, faisceaux vasculaires correspondant aux cannelures ; *l*, lacunes aériennes correspondant aux stomates; *c*, vide central.

C'est ainsi que dans la tige aérienne des Prêles (*Equisetum*), tige creuse et cannelée régulièrement, recouverte d'un épiderme à cellules allongées, couvert de stomates en files régulières, on trouvera dans les sillons des cannelures un tissu hypodermique coloré dans les tiges souterraines, incolore dans les tiges aériennes, épaissi et développé surtout dans les angles des cannelures, puis un tissu fondamental parenchymateux plus ou moins chargé de chlorophylle dans les pousses vertes. Cette chlorophylle est déposée dans des cellules situées au-dessous des lignes de stomates, cellules dont l'ensemble forme un ruban concave en dehors. Les faisceaux vasculaires sont disposés en un cercle unique et correspondent aux cannelures, alternant avec de grandes lacunes situées dans l'écorce, au-dessous des stomates, et qui se forment par destruction des cellules. Les faisceaux sont formés de vaisseaux annelés, réticulés, et spiralés. Les plus anciens, c'est-à-dire les plus internes, se détruisent avec le temps et laissent à leur place de nouvelles lacunes (fig. 113).

En dehors de ces lacunes vasculaires, on trouve la partie libérienne des faisceaux composée de quelques fibres épaissies et de tubes criblés, mêlés à des cellules cambiformes. La structure des racines rappelle complétement celle qu'on remarque dans les petites espèces de Fougères.

Chez les Lycopodiacées, on trouve souvent un faisceau axile, à section elliptique, avec des vaisseaux spiralés aux foyers de l'ellipse. A partir de ces points, la vascularisation se développe vers l'intérieur en deux rangées de larges vaisseaux scalariformes. La coupe transversale présentera donc une bande vasculaire transversale dont la partie périphérique constitue le liber. La couche la plus externe de ce liber est formée de cellules très-grandes. Ce faisceau ressemble complétement à celui des Fougères. Au lieu d'un seul faisceau, on peut dans les différentes espèces de *Selaginella*, en trouver plusieurs, disposés parallèlement, et dans les *Lycopodium*, on observe un cylindre central contenant quatre faisceaux ligneux aplatis et parallèles dont chacun représente le faisceau simple des *Sélaginelles*.

Nous ne pouvons donner de plus grands détails sur ces intéressantes familles, mais nous ne saurions trop recommander les espèces qui les composent comme de charmants sujets d'étude et qui se prêtent, en général, facilement aux diverses préparations que nécessite l'examen microscopique.

Préparation. — Les préparations des coupes de bois sont quelquefois difficiles à exécuter convenablement, aussi dans beaucoup de cas trouvera-t-on préférable de s'en procurer de toutes faites chez les préparateurs. Cependant, bien souvent, qu'il s'agisse d'ailleurs de Dicotylédonées, de Monocotylédonées, ou de Fougères, on pourra enlever sur le bois, avec un instrument tranchant, de petits copeaux très-minces qui suffisent pour l'étude ; s'ils se sont enroulés, on les déroulera avec précaution et on les étudiera dans la glycérine qui leur donnera de la transparence, surtout après quelques heures de contact. Un lavage à l'alcool sera utile pour chasser l'air des cellules, et même à peu près indispensable pour étudier les bois résineux, tels que ceux des Conifères.

Les bois fossiles, très-intéressants à étudier en ce qu'ils nous

offrent des spécimens énormes de Cycadées et surtout d'Équisétacées et de Lycopodiacées, dont la flore vivante n'offre plus que des exemplaires minuscules, peuvent fournir des coupes utiles après une longue immersion dans le carbonate de soude, s'ils sont calcifiés ; mais s'ils sont incrustés de silice, il faudra avoir recours à la taille, ou bien on tâchera d'en obtenir, avec un marteau d'acier, des éclats que l'on polira sur une fine pierre à aiguiser.

Les tiges des petites plantes doivent être placées entre deux lames de sureau, pour qu'on puisse en obtenir des coupes; souvent il faut leur faire subir un léger durcissement dans l'alcool.

On a parfois, au contraire, à étudier des organes desséchés, par exemple des écorces. En laissant tremper celles-ci pendant quelques heures dans l'eau froide, elles se gonflent suffisamment pour pouvoir être étudiées, surtout si on les humecte sur le porte-objet avec une solution de potasse caustique. Enfin, il peut être nécessaire de chauffer les écorces avec une dissolution de potasse, lorsque les cellules en sont très-affaissées ; on les lave ensuite à l'eau distillée avant de les soumettre à l'examen.

L'étude des plantes en germination à diverses époques de leur développement, comme aussi celle des jeunes branches à divers âges, est très-utile pour montrer le mode et l'ordre de formation des tissus, aussi bien sur la tige que dans la racine. Les coupes longitudinales seront très-importantes dans ce cas, car elles feront voir l'avancement en âge, du haut en bas, des mêmes tissus et des mêmes éléments, en même temps que la marche des faisceaux et la connexion des faisceaux vasculaires de la tige, des feuilles et des bourgeons ou des racines secondaires.

CHAPITRE V.

LES BOURGEONS ET LES FEUILLES

Nous avons dit que la tige s'accroît à l'aide d'un tissu fondamental et primitif qui constitue à son extrémité, ou à l'extrémité des rameaux, un *cône de végétation*. Ce cône de végétation fait

partie d'un organe appelé *bourgeon* qui peut être terminal ou se former à l'aisselle de feuilles ou de rameaux déjà existants. Le bourgeon se compose essentiellement du cône de végétation, placé à son centre et dans le prolongement de l'axe de l'organe, de différents petits mamelons qui donneront naissance à des feuilles, et d'expansions écailleuses qui lui forment une enveloppe protectrice.

Si l'on pratique une coupe longitudinale mince au milieu du bourgeon qui termine une branche, on voit au milieu, à l'extrémité de la tige, un petit mamelon plus ou moins conique recouvert par l'épiderme et formé de petites cellules pleines d'un protoplasma granuleux ; c'est le tissu générateur, le *méristème*, qui forme le cône de végétation. Un peu plus bas, il se perd dans les différents tissus qui composent la tige et l'on observe qu'il est en relation directe avec le cambium. On voit naître aux dépens de ce dernier les premiers faisceaux vasculaires et, à mesure que l'on descend, on trouve des cellules de plus en plus âgées et de plus en plus développées.

Mais, immédiatement au-dessous du cône de végétation, on remarque, de chaque côté, d'autres petits mamelons cellulaires constitués par le même tissu et recouverts du même épiderme. Ce sont les rudiments des feuilles qui sont plus développées à mesure qu'on les examine plus bas sur l'axe du bourgeon. Enfin, quelquefois, on trouve, en dehors, les lamelles écailleuses, caduques d'ailleurs, qui recouvrent le bourgeon pendant les premières phases de son développement.

Mais si l'on écarte avec précaution les premières feuilles, on remarque parfois à leur base, sur l'axe du bourgeon, une petite éminence qui est le bourgeon axillaire, lequel se développera plus tard en rameau ou en fleur.

Il peut se développer des bourgeons en d'autres points de la tige, aux dépens du cambium. On les appelle *bourgeons adventifs ;* ils se présentent sous le même aspect que les bourgeons ordinaires.

Si, maintenant, on fait à différentes hauteurs dans le bourgeon, des coupes transversales, on reconnaîtra les mêmes parties dis-

posées symétriquement autour du cône de végétation, et l'on pourra étudier le mode d'arrangement des feuilles autour de l'axe, arrangement très-variable ; les feuilles sont implantées sur les tours d'une spire à des distances égales les unes des autres, mais de manière que le nombre des feuilles comprises dans un tour de spire, toujours le même pour une même plante, diffère dans des plantes différentes, disposition que la phyllotaxie exprime par des formules quasi mathématiques (1).

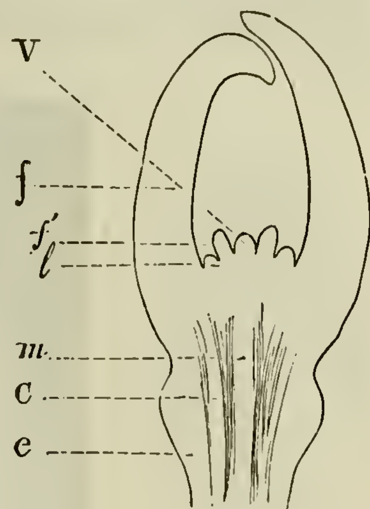


Fig. 114. — Coupe longitudinale d'un bourgeon (schéma). *f*, premières feuilles ; *f'*, deuxième feuille ; *v*, cône végétatif ; *b*, bourgeon axillaire ; *m*, moelle ; *c*, cambium ; *e*, épiderme.

Ainsi, en faisant une coupe transversale à la base d'un bourgeon de Chêne par exemple, on pourra y compter nettement jusqu'à onze organes foliacés, écailles, feuilles et stipules, se recouvrant les uns les autres, et s'emboîtant, lesquels, quand l'axe du bourgeon s'allongera en tige, se trouveront disposés sur cette tige en deux tours de spire.

En faisant une coupe de Monocotylédone, par exemple à travers le bourgeon terminal d'un Dracœna, on observe de même et plus facilement peut-être, le cône végétatif sous forme d'un petit cylindre au centre, et les différentes feuilles s'enroulant les unes autour des autres, s'engaînant de telle sorte que la plus extérieure, la plus âgée et la plus grande, entoure tout l'organe ; au dedans, la seconde, plus petite, se comporte de même, mais en sens opposé ; puis la troisième, plus petite encore, s'enroule comme la première, et ainsi de suite (fig. 115).

Cette préparation, toute simple qu'elle soit, est une des plus jolies qu'on puisse faire.

En prenant ainsi les feuilles dans le bourgeon et en les étudiant à divers degrés de développement, on pourra assister à toutes les phases de leur formation, à la genèse des stomates sur l'épiderme inférieur, reconnaître que l'épiderme supérieur est ordinairement différent, beaucoup plus serré, et étudier la production de la cuti-

(1) Quand les feuilles sont verticillées par deux, quatre ou davantage, c'est que les tours de spire se sont transformés en anneaux séparés formant les verticilles.

cule, sécrétion des cellules épidermiques qui reste intimement unie à la paroi supérieure de ces cellules. On assistera de même à la formation des poils, on examinera le parenchyme central souvent différent dans ses couches successives, la disposition de la chlorophylle dans les couches moins profondes et la distribution

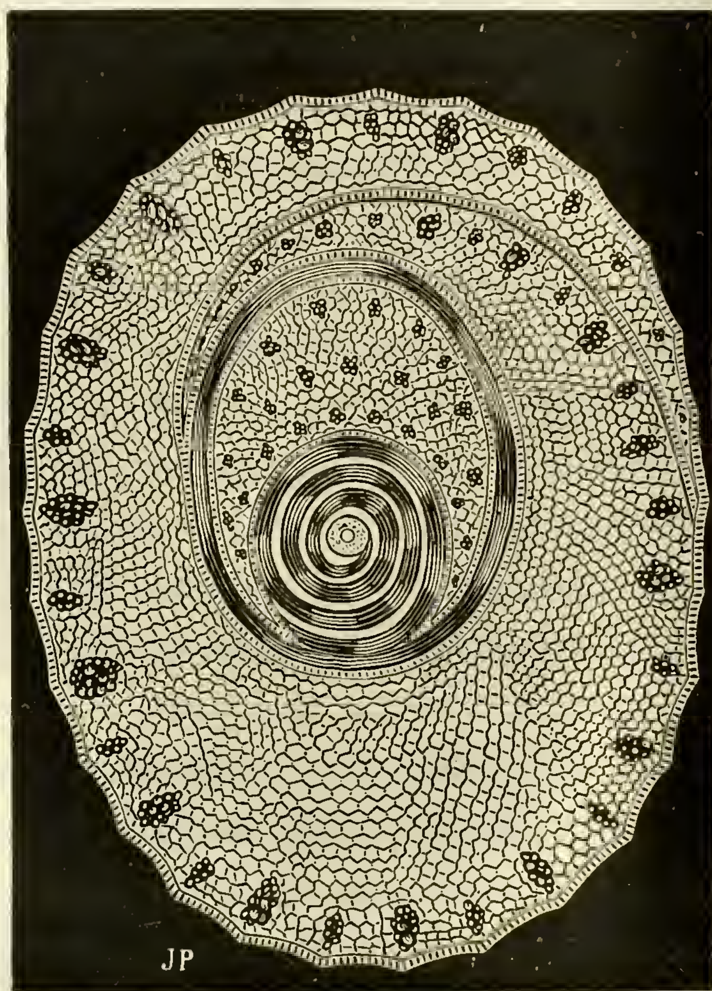


Fig. 115. — Coupe transversale du bourgeon terminal du *Dracæna brasiliensis*.

des vaisseaux, particulièrement des vaisseaux spiralés formant les nervures.

Enfin dans certaines feuilles, à l'aide de coupes transversales, on reconnaîtra la présence de canaux ou de réservoirs résinifères, par exemple dans les Conifères et surtout dans les Sapins. Dans certaines cellules des Urticées, dans le *Ficus elastica*, on trouvera des concrétions calcaires en grappe, dans d'autres des raphides ; souvent aussi, par exemple dans les feuilles de l'Oranger, on trouvera dans le parenchyme supérieur de vastes cavités arrondies pleines d'air ; dans celles des *Magnolia*, on en rencontrera de plus grandes encore, sous forme de bouteilles renversées ; la feuille du *Sparganium* donnera une coupe transversale très-curieuse, en

forme de fer de flèche, remplie d'un parenchyme très-lâche, que creusent de grandes cavités étoilées. Enfin, chaque plante, pour ainsi dire, fournira sous ce rapport un nouveau sujet d'étude.

Les pétioles des feuilles ne sont pas moins curieux à examiner ; on y retrouvera les éléments vasculaires et cellulaires que nous avons déjà décrits, mais souvent avec des particularités remarquables. Celui des feuilles de *Nymphæa* est aussi creusé de vastes cavités pleines d'air et celui du *Musa ensete* formé d'un parenchyme à cellules étoilées.

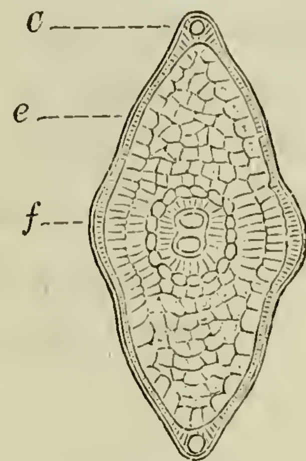


Fig. 116. — Coupe transversale d'une feuille de Mélèze (*Larix Europæa*).

e, épiderme ; *f* (au centre), vaisseaux ; *c*, canaux résineux.

Parmi les Cryptogames, les feuilles de Fougères avec leur élégant épiderme, leurs vastes stomates, la disposition si régulière de leurs vaisseaux seront aussi fort intéressantes ; mais dans les Hépatiques, les Mousses, on trouvera la feuille réduite à sa plus simple expression et composée souvent d'un seul rang de cellules, sans nervures, ou bien munie d'une nervure médiane formée par des cellules allongées. Quelquefois cependant, notamment dans les *Sphagnum*, le tissu de la feuille est plus compliqué et comprend, outre les cellules à chlorophylle, de grandes cellules à air ornées d'une bande en spirale et régulièrement enchâssées dans les premières.

Avec ces plantes finissent les feuilles proprement dites et, chez les végétaux plus simples, on ne trouve plus que des thalles.

Préparation. — Ainsi que nous l'avons dit, on étudiera les bourgeons à l'aide de coupes longitudinales médianes que l'on tâchera de prolonger dans la tige, de manière à reconnaître les rapports des éléments du bourgeon avec les tissus et les vaisseaux de celle-ci. Des coupes transversales à différentes hauteurs montreront les rapports des éléments des bourgeons entre eux. Si l'on veut suivre le développement de ce bourgeon et des feuilles qu'il contient, on choisira de préférence des plantes à développement continu, l'Aulne, le Bouleau, le Tilleul, par exemple, parmi les arbres. Nous avons indiqué comme très-instructive et très-élégante la coupe transversale du bourgeon terminal des *Dracæna ;* on en obtiendra

de semblables avec les *Canna* de nos jardins, les roseaux, etc.

Quant aux feuilles, nous avons décrit plus haut la manière de les étudier dans leurs différentes parties, nous n'y reviendrons donc pas.

Toutes ces préparations peuvent se conserver dans le chlorure de calcium ; mais, pour l'étude, nous trouvons plus commode de les examiner dans la glycérine après les avoir traitées par l'alcool pour chasser les bulles d'air. Des objectifs un peu *profonds* comme ceux de Nachet, les systèmes à petits angles de Swift ou ceux à lettre simple de Zeiss seront particulièrement commodes pour cette étude, parce qu'ils exigent des coupes un peu moins minces, par conséquent plus faciles à obtenir rapidement.

CHAPITRE VI

LA FLEUR

La fleur est une production foliacée transformée ; le *bouton* qui la produit ne diffère pas, à l'origine, du bourgeon. Ce bouton naît à l'extrémité d'un axe et les différents organes qui le composent, les jeunes feuilles, si l'on veut, sont disposées en tours de spire, plus ou moins surbaissés, sur cet axe qui, dans la plupart des fleurs, excepté chez les Gymnospermes, est excessivement raccourci ; aussi ces tours de spire amenés sur un même plan, celui de l'extrémité de l'axe souvent aplatie ou même creusée en coupe et qu'on nomme *réceptacle*, se traduisent-ils en une courbe hélicoïdale (1), ou même en cercles cencentriques. L'axe, ainsi raccourci et aplati, reste cependant assez long chez les Conifères, les Cycadées et les Gnétacées et même dans des plantes dont la fleur est plus complète : par exemple, le *Magnolia*. La magnifique fleur de ce bel arbre est *montée* sur un axe assez allongé pour qu'on observe très-bien la disposition spiralée des sépales, pétales, etc., etc., qui la composent.

(1) Comme un ressort de montre.

Il en est de même dans les *Nymphœa* et dans beaucoup de Renonculacées, le *Myosurus minimus* par exemple (fig. 117 et 118).

Les organes qui composent la fleur sont donc des feuilles modifiées et quelquefois même, dans certaines fleurs monstrueuses, ils conservent plus ou moins la forme et l'aspect des feuilles. Mais ces feuilles ne sont pas également modifiées. Celles qui forment les cycles les plus extérieurs éprouvent, en général, une transformation moins complète, et celles qui constituent les cycles les plus internes sont les plus profondément modifiées.

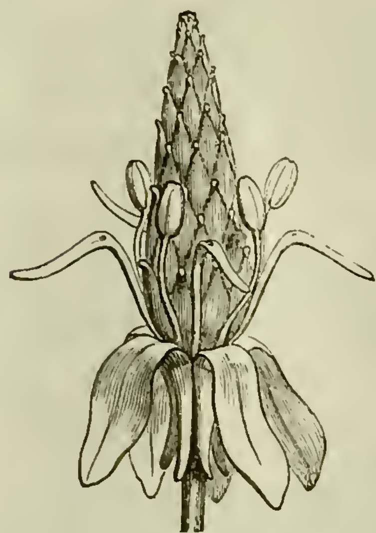


Fig. 117. — Fleur du *Myosurus minimus* (grossie).



Fig. 118. — Coupe longitudinale de la fleur du *Myosurus minimus,* pour montrer la disposition étagée des organes.

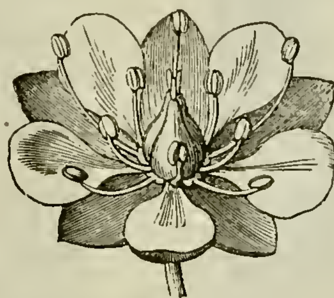


Fig. 119. — Fleur de *Cerastium* (grossie) montrant les cycles floraux.

Les feuilles qui forment les cycles extérieurs constituent le *périanthe.* Quelquefois absent, le périanthe se compose souvent d'un seul cycle formé de feuilles ordinairement vertes, quelquefois diversement colorées, et qu'on appelle *sépales.* Le cycle des sépales forme le *calice.* Un second cycle composé de feuilles ordinairement parées de brillantes couleurs, appelées *pétales*, et qui alternent avec les sépales, forme la *corolle.* Il arrive souvent que le calice est coloré comme la corolle (lis, tulipe, etc., etc).

Le périanthe peut être composé d'un grand nombre de sépales et de pétales qui ne sont plus disposés en cercles concentriques. mais suivant une spire à tours nombreux, en se modifiant de plus en plus d'un sépale ou d'un pétale au suivant, et même jusqu'aux étamines, de telle sorte qu'on ne peut définir exactement le point où finit le calice et où commence la corolle, et même où commence l'*androcée.*

L'androcée est le cycle intérieur à la corolle ; il est formé de feuilles plus modifiées encore et qu'on appelle *étamines*, feuilles dont le limbe, quelquefois encore étalé, est ordinairement rétréci en *filet* et porte, de chaque côté, de petits corps d'apparence glandulaire. La mince portion du limbe subsistant ou du filet qui réunit les deux petits corps est le *connectif*. Ces deux petits corps réunis forment l'*anthère*, laquelle produit le *pollen* ou poussière fécondante. Les étamines sont donc les organes mâles.



Fig. 120. — Coupe transversale de la feuille staminale (théorique), montrant l'enroulement des bords pour former les deux loges de l'anthère.

L'anthère paraît ainsi disposée comme si elle était formée par un enroulement des bords de la feuille staminale sur une même face de cette feuille (fig. 120).

Les étamines forment un ou plusieurs verticilles dont les pièces alternent les unes avec les autres et avec les pièces du périanthe. Chaque verticille renferme le plus souvent le même nombre d'étamines, mais pas toujours, certaines d'entre elles avortant parfois régulièrement. Elles peuvent être disposées, comme le périanthe, en spirale.

Enfin, le cycle le plus intérieur est le *gynécée*. Il porte les organes femelles formés par des feuilles profondément modifiées qu'on appelle *feuilles carpellaires* ou *carpelles*, enroulées et soudées par leur bord de manière à former des sacs fermés qui restent souvent isolés les uns des autres, et souvent se soudent ensemble pour composer une capsule unique à une ou plusieurs loges, constituant l'*ovaire*. L'ovaire renferme les *ovules*, insérés sur un tissu appelé *placenta*.

Les feuilles carpellaires se prolongent, au-dessus de l'ovaire, en un ou plusieurs filaments plus ou moins longs, appelés *styles*, et terminés par une expansion nommée *stigmate* qui sécrète une liqueur visqueuse destinée à retenir les grains de pollen.

Telle est la composition générale de la fleur, mais cette composition peut varier à l'infini quant à la forme. C'est ainsi que des parties essentielles peuvent manquer. Dans certaines plantes, l'androcée subit un arrêt de développement et avorte : la fleur n'a que

des organes femelles, est femelle par conséquent; dans d'autres, c'est le gynécée qui reste rudimentaire, et la fleur est mâle. Chez certaines enfin, la fleur est stérile. De nombreuses espèces ont des fleurs mâles et des fleurs femelles sur des individus séparés ; on les appelle *dioïques*, par opposition aux plantes qui portent sur le même individu des fleurs bisexuées, et qui sont dites *monoïques*. D'autres encore portent sur le même individu des fleurs unisexuées, les unes mâles, les autres femelles ou bien des *inflorescences* dans lesquelles les fleurs mâles sont groupées par en haut et les fleurs femelles par en bas (*Arum*), etc., etc. (fig. 121).



Fig. 121. — Spadice d'*Arum*.
m, fleurs mâles; *f*, fleurs femelles.

Mais sans éprouver toujours dans leur nature une modification aussi profonde que celle qui les prive d'un sexe, les fleurs peuvent présenter dans leurs différentes parties des transformations plus ou moins complètes que nous devons résumer brièvement.

Calice. — Le calice qui forme le cycle le plus externe du périanthe et qui est ordinairement foliacé, peut être *pétaloïde*, c'est-à-dire revêtu de couleurs diverses, comme dans le lis, la tulipe, etc. Les sépales peuvent être libres les uns des autres (*calice dialysépale*), ou bien soudés entre eux dans une plus ou moins grande étendue (*calice gamosépale*), de manière à former une coupe, un entonnoir ou un tube. Cette réunion de sépales ne provient pas d'une réelle soudure bord à bord, mais de la production d'un tissu intercalaire qui s'accroît en même temps que les folioles du calice.

Les sépales peuvent être caducs; ils peuvent aussi être réduits à de petites écailles ou même à des fils.

Corolle. — Les pétales qui composent la corolle peuvent être libres ou réunis et la corolle sera *dialypétale* ou *gamopétale*. Ils peuvent même être réunis aux sépales du calice et former un périanthe unique, ordinairement tubulaire, comme dans les jacinthes. Les pétales peuvent être colorés en vert comme les sépales, et, aussi, se trouver réduits à la forme d'écailles ou de filaments, ou même

se transformer en glandes nectarifères; le calice, ordinairement pétaloïde dans ce cas, reste alors comme unique enveloppe florale.

Les pétales portent quelquefois, à leur point d'insertion sur le réceptacle, une petite écaille plus ou moins développée et même pétaloïde, sur la face interne de l'*onglet*, c'est-à-dire, l'extrémité inférieure rétrécie de leur limbe. On trouve ces appendices dans les Caryophyllées (*Lychnis*, *Dianthus*, *Saponaria*). En se soudant entre elles, ces écailles forment la couronne gamophylle qu'on remarque dans les narcisses.

Dans certaines plantes, on trouve des périanthes supplémentaires formant des *bractées*, des *calicules*, des *collerettes*, etc.

Enfin les pétales peuvent se développer d'une manière particulière et former les *éperons* qu'on remarque dans les ancolies (*Aquilegia*). Les sépales forment bien plus rarement des éperons, cependant on en trouve des exemples, la capucine (*Tropæolum*).

Étamines. — Les étamines peuvent être toutes égales, mais certaines peuvent être plus courtes que les autres, comme dans la giroflée (*Cheiranthus cheiri*) et beaucoup de Crucifères, les Labiées, les Scrophularinées. Certaines peuvent être régulièrement avortées ou stériles. Elles peuvent être insérées plus ou moins haut sur le réceptacle, ou sur l'ovaire, être soudées, dans une longueur plus ou moins considérable du filet, avec les pétales ou avec les carpelles, ou soudées ensemble de manière à laisser les anthères libres, ou même confondues par les anthères réunies en une masse sillonnée de circonvolutions (Cucurbitacées).

Les étamines peuvent encore être ramifiées, pétaloïdes. Et quant à ce dernier cas, on sait que dans les fleurs dites *doubles* les étamines reviennent à la forme pétaloïde en perdant plus ou moins complétement leurs anthères; aussi la plupart des fleurs doubles sont-elles stériles.

Les anthères affectent aussi les formes les plus variées. Dans les jeunes boutons, on leur trouve presque toujours quatre loges, mais qui peuvent se réduire à deux, plus tard, par la disparition de la bande de parenchyme qui les sépare deux à deux. Elles peuvent être très-allongées, presque linéaires et formées de deux longues demi-

anthères unies par un connectif très-petit, ce qui leur donne la forme d'un X, comme dans les Graminées. Elles peuvent être très-petites ou très-grosses, unies ou sinueuses ; les deux demi-anthères peuvent être séparées par un connectif très-court ou très-long, quelquefois muni d'appendices divers. Leur mode de déhiscence est très-divers : elles s'ouvrent soit par déchirure irrégulière, soit, plus souvent, par des lignes de moindre épaississement de la paroi, lignes visibles bien avant la déhiscence. Le plus ordinairement, elles se fendent longitudinalement par la disparition de la cloison qui sépare les deux loges de chaque demi-anthère quand elles ont quatre loges, ou les deux loges de chaque anthère quand elles n'ont que deux loges. Souvent encore, elles s'ouvrent par un trou qui se perce à la partie supérieure de chaque loge (*Solanum*, *Azalea*) ou par de véritables soupapes (*Persea, Monimia*) ou des opercules qui se détachent (fig. 122, 123, 124, 125).



Fig. 122. — Étamine d'*Iris germanica* (grossie) montrant les lignes longitudinales de déhiscence.

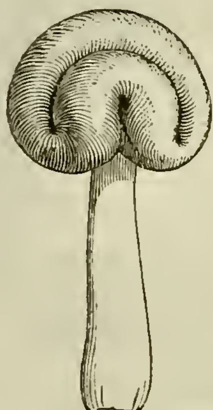


Fig. 123. — Étamine de *Glechoma hederacea* (grossie).

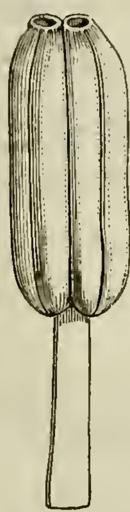


Fig. 124. — Etamine d'*Azalea pontica*, montrant deux pores de déhiscence à la partie supérieure des anthères.

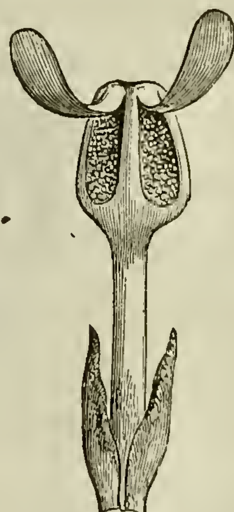


Fig. 125. — Etamine de *Monimia* montrant les anthères ouvertes par deux soupapes.

La déhiscence peut se faire en dedans, c'est-à-dire que les anthères s'ouvrent du côté de l'ovaire (*anthères introrses*), ou en dehors, du côté du périanthe (*anthères extrorses*). Lorsque les étamines forment deux cercles concentriques, il arrive souvent que les anthères du cycle interne sont extrorses, tandis que celles du cycle externe sont introrses.

Enfin, toutes les loges d'une anthère peuvent n'être pas fécondes. Dans le *Salvia nivea*, par exemple, on voit une anthère à quatre

loges dont deux seulement produisent du pollen, tandis que les deux autres sont atrophiées.

Carpelles. — Si les feuilles carpellaires restent isolées les unes des autres, la fleur produira plusieurs fruits (en nombre égal à celui des feuilles carpellaires, à moins d'avortements ultérieurs) et sera *polycarpienne*. Si elles se soudent entre elles, la fleur n'aura qu'un ovaire et qu'un fruit et sera *monocarpienne*.

Si l'ovaire, simple ou multiple, se trouve porté sur un axe assez allongé pour que tous les cycles du périanthe et des étamines s'insèrent au-dessous de lui sur cet axe, l'ovaire sera *libre* et *supère* et la fleur, dont les éléments sont ainsi placés au-dessous du gynécée, sera dite *hypogyne* (fig. 126).

Mais si le réceptacle se trouve aplati transversalement ou creusé en coupe, c'est au fond de cette coupe que l'ovaire sera inséré et les cycles extérieurs prendront naissance sur les bords de cette

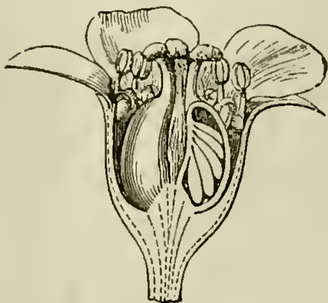


Fig. 126. — Coupe longitudinale d'une fleur de *Spiræa*. — Ovaire supère.

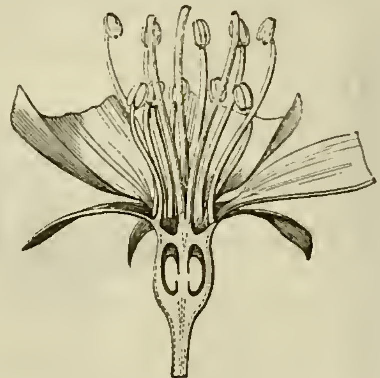


Fig. 127. — Coupe longitudinale d'une fleur de pommier. — Ovaire infère.

coupe, autour du gynécée : la fleur sera *périgyne*, mais l'ovaire sera encore libre et dépassera le niveau des insertions externes ; il sera donc encore supère.

Si, au contraire, l'ovaire est inséré au fond de la coupe ou du tube formé par le réceptacle qui se referme sur lui et qui concourt à composer les parois de cet ovaire, les insertions de tous les autres éléments de la fleur se feront au-dessus de l'ovaire qui sera *infère*, et la fleur sera *épigyne* (fig. 125).

Le style, prolongation de la nervure médiane de la feuille carpellaire au-dessus du limbe modifié, sera multiple si la fleur est polycarpienne ; il sera unique, résultant de la soudure des styles de chaque carpelle, si ces carpelles sont soudés pour former un

ovaire unique. Mais cette soudure pourra se faire sur une longue étendue des styles composants qui ne se sépareront qu'à l'extrémité, au stigmate, ou même ne se sépareront pas du tout ; ou bien la soudure ne s'étendra que sur une petite étendue des styles composants.

Ces styles peuvent même manquer tout à fait et le stigmate, simple ou multiple, être sessile sur l'ovaire, comme dans les Papavéracées.

La réunion des styles en un seul organe n'empêche pas qu'un canal ne soit creusé dans leuraxe, canal parfois complétement vide, le plus souvent occupé par un tissu lâche, appelé *tissu conducteur*, et qui est destiné à conduire jusqu'aux ovules, contenus dans chaque carpelle ou dans chaque loge de l'ovaire, les tubes émis par les grains de pollen tombés sur le stigmate.

Le stigmate lui-même a des formes très-variées. Composé d'un parenchyme spongieux que nous étudierons plus tard, il a la forme d'un bouton divisé le plus souvent en autant de lobes que l'ovaire contient de carpelles (lis); ou bien il résulte de la division des styles, soudés seulement sur une partie de leur longueur, et le tissu spongieux s'étend sur la face interne de ces divisions. Le stigmate peut être ainsi bifurqué, trifurqué, etc., avec des divisions ou lobes plus ou moins longs et épais.

L'ovaire, enfin, qui constitue avec l'anthère la partie la plus importante de la fleur, peut présenter un grand nombre de dispositions, et contenir des ovules très-diversement situés.

Monomère, l'ovaire n'est formé que d'une feuille carpellaire reployée sur sa face interne, de manière à ce que ses deux bords opposés se soudent (Haricot). Les ovules sont disposés, en nombre plus ou moins considérable, sur ces bords soudés et renflés en placenta. Une fleur peut ne contenir qu'un seul ovaire monomère, si elle est monocarpienne; elle peut en contenir plusieurs, disposés ordinairement en verticilles, si elle est polycarpienne (Renonculacées). Quelquefois la loge, naturellement unique, que contient un ovaire monomère peut être fractionnée en plusieurs logettes par des épaississements de la surface interne qui forment de fausses cloisons plus ou moins complètes.

Polymère, l'ovaire est formé de plusieurs carpelles. Si ces carpelles s'unissent simplement par leurs bords, il n'y aura qu'une seule loge et les ovules seront insérés sur les épaississements placentaires formés par ces soudures. Mais les bords des feuilles carpellaires pourront faire une saillie plus ou moins considérable dans l'intérieur de l'ovaire, sous forme de demi-cloisons longitudinales portant les ovules (pavot). Ils pourront enfin se rejoindre au milieu de l'ovaire, s'y unir même à un prolongement de l'axe floral formant colonne, et constituer ainsi autant de loges qu'il y a de carpelles. Les ovules s'insèreront donc dans l'angle interne de chaque loge, autour de la colonne centrale. Des fausses cloisons pourront, d'ailleurs, s'établir et multiplier le nombre des loges.

Il y a des cas nombreux où les ovules se forment sur la colonne centrale, prolongement de l'axe, et non sur les carpelles.

Enfin, pour terminer cette rapide description, nous rappellerons qu'on trouve, à la base des pétales, des étamines ou des carpelles, dans un grand nombre de fleurs, des organes glandulaires de forme très-variable et qui constitueront un intéressant sujet d'études. Ces glandes, appelées *nectaires*, sécrètent un liquide ordinairement parfumé et sucré, le *nectar*, que les plantes offrent sans doute en appas aux insectes dont l'intervention est souvent utile, parfois nécessaire, pour transporter le pollen sur les stigmates et assurer la fécondation des ovules.

Préparation. — La fleur dont nous venons d'indiquer la composition d'une manière générale fournit au micrographe d'innombrables sujets d'étude. Tout, en elle, est à examiner : l'ébauche de ses premiers éléments dans le bouton, la formation et le développement de chacune de ses parties, sur des boutons de plus en plus avancés ; la forme, la position et la structure de chacun de ses organes, la nature du calice, le tissu si délicat de la corolle, avec l'épiderme si varié dans son aspect, qui le recouvre, les vaisseaux qui le parcourent, les matières colorantes diverses qui sont répandues dans certaines de ses cellules ; les poils, les papilles veloutées qui ornent la surface des pétales ; les étamines, leur forme, leur dégénérescence accidentelle, leurs rapports ; les anthères, leur disposition, leur

structure, le pollen qu'elles renferment ; puis les carpelles, le style, le tissu du stigmate, la soudure des carpelles, leurs rapports, les placentas, la distribution des ovules, l'examen de ceux qui se développent et de ceux qui avortent ; — telles sont, en quelques mots, les observations que l'on aura à faire sur la fleur et si, en passant d'une fleur à une autre, on trouve toujours les mêmes éléments, on y rencontrera tant de transformations, de modifications et de variétés que chacune fournira, pour ainsi dire, des études nouvelles et de nouveaux sujets d'admiration.

Les préparations, très-diverses, qu'on aura à effectuer se bornent naturellement à enlever l'épiderme des sépales et des pétales, ce qu'on réussit très-bien à faire par arrachement de lambeaux qui montreront presque toujours, sur un plan un peu plus profond que l'épiderme, une couche plus ou moins épaisse du tissu sous-jacent. La forme de ce tissu est toujours différente et les vaisseaux spiralés se distribuent en nombreuses et fines nervures dans le parenchyme. La partie dont on aura enlevé l'épiderme supérieur sera presque toujours assez mince pour qu'on puisse, en la retournant, étudier l'épiderme inférieur et le reste du parenchyme. Les lambeaux seront étalés délicatement, avec un pinceau mouillé, dans l'eau, dans la glycérine ou dans le chlorure de calcium. Ce dernier liquide a quelquefois l'inconvénient de causer l'enroulement des lambeaux qui sont souvent difficiles à dérouler. Néanmoins on y parvient avec le pinceau, et l'on peut conserver dans ce liquide de charmantes préparations d'épidermes et de poils floraux.

Des coupes transversales doivent être pratiquées aussi, en divers sens, entre deux lames de moelle de sureau, mais c'est surtout pour étudier les étamines, les anthères, le style, l'ovaire, que ces coupes, ainsi que les sections longitudinales, seront nécessaires. En préparant ces parties délicates, on aura soin de ne pas presser sur le couvre-objet, ce qui écraserait le tissu et en changerait la forme.

Pour bien étudier ces parties, il faut faire des coupes transversales dans des boutons très-jeunes, à des hauteurs différentes, coupes qui traverseront d'abord le sommet des pièces du périanthe, les anthères, le style; puis, plus bas, les mêmes pièces, mais aussi

le sommet de l'ovaire, s'il est supère. Ces coupes sont parfois très-difficiles à réussir, parce qu'une fois recueillies sur la lame du rasoir, il faut les transporter sur le porte-objet sans que les différentes petites pièces qui les composent se séparent. Sur les boutons un peu trop développés, ce transport est presque impossible. Le mieux est donc d'opérer sur des boutons jeunes et d'enlever la coupe avec un pinceau imbibé de glycérine pure ou d'eau gommée épaisse.

Les coupes longitudinales sont encore plus difficiles, mais elles sont surtout utiles dans l'ovaire et, dans ce cas, il est plus simple de dégager cet organe des pièces environnantes et de le sectionner isolément. On peut alors opérer sur des fleurs de tout âge.

On comprend, d'ailleurs, que pour étudier l'organogénie de la fleur, il faudra nécessairement opérer d'abord sur des boutons à peine formés. Il sera souvent indispensable de faire durcir les organes dans l'alcool avant d'y faire les coupes, surtout sur certaines fleurs à tissus mous.

Dans la plupart de ces recherches, des grossissements faibles sont presque toujours suffisants. Les objectifs n°s 1, 2, 3 et au plus 5 de Nachet ou 4,5 et au plus 7 de Hartnack, les systèmes à lettre simple de Zeiss jusqu'à D ou E, ceux à petit angle de Swift jusqu'à 1/6 ou 1/8 de pouce, seront les plus commodes. Pour les recherches organogéniques, cependant, et pour l'étude des pollens sur laquelle nous reviendrons incessamment, des grossissements supérieurs seront nécessaires, après qu'on aura pris une connaissance générale des organes à examiner en se servant des objectifs faibles.

CHAPITRE VII

LA FÉCONDATION

La fécondation des ovules s'opère lorsque le protoplasma contenu dans les grains de pollen a pénétré dans ces ovules qui, dès lors, se développent et deviennent des graines, renfermées encore dans l'ovaire qui devient un fruit.

Nous avons donc à examiner la structure du pollen, celle de l'ovule, le mécanisme de la fécondation et les modifications qui se produisent dans l'ovule à la suite de la fécondation.

I. Le Pollen.

Lorsque, sur la coupe longitudinale d'un jeune bouton, on recherche les étamines, on les trouve d'abord sous la forme de petits mamelons qui se développent beaucoup plus rapidement que la corolle, et qui ne tardent pas à présenter l'aspect de deux demi-anthères reliées par le connectif et supportées par un filet encore très-court. Dans les cas les plus ordinaires, on voit bientôt se former sur l'anthère quatre bourrelets longitudinaux, qui sont les loges de l'anthère ou les *sacs polliniques*. Ces bourrelets sont constitués par un tissu cellulaire, d'abord à peu près homogène, mais qui se divise rapidement en une ou plusieurs couches de cellules, formant la paroi du sac, et en une masse centrale de cellules plus grandes, pleines d'un protoplasma granuleux, qui sont les *cellules mères du pollen*. L'assise la plus interne des couches périphériques prend un aspect spécial ; les cellules s'emplissent de gros granules et forment le revêtement épithélial interne de la loge.

Quant aux cellules mères, leur paroi s'épaissit, et présente même souvent des couches concentriques ; parfois ces cellules s'isolent les unes des autres, ou bien elles restent adhérentes. Peu à peu, cependant, leur noyau se dissout, et, dans chaque cellule, on voit apparaître quatre noyaux remplaçant celui qui a disparu. Ces quatre noyaux sont diversement placés dans la cellule mère, quelquefois en pile de 3 et 1, aux quatre angles d'un tétraèdre. Puis, le protoplasma de la cellule se condense autour de chaque noyau, s'étrangle, et la membrane qui l'enveloppe s'épaissit dans les anfractuosités de manière à constituer bientôt avec ses expansions une membrane enveloppante aux quatre jeunes cellules sœurs ainsi formées, membrane enveloppante dans laquelle se montrent des couches concentriques. Ces quatre cellules sœurs sont de futurs grains de pollen. Ceux-ci sont donc formés quatre par quatre dans

les cellules mères. Mais ces dernières ne tardent pas à se rompre, ou plutôt à se fondre en un liquide mucilagineux (du moins c'est le cas le plus général); les groupes quaternaires de jeunes cellules deviennent libres et se séparent dans ce liquide qu'elles utilisent pour leur accroissement ultérieur, car il disparaît bientôt.

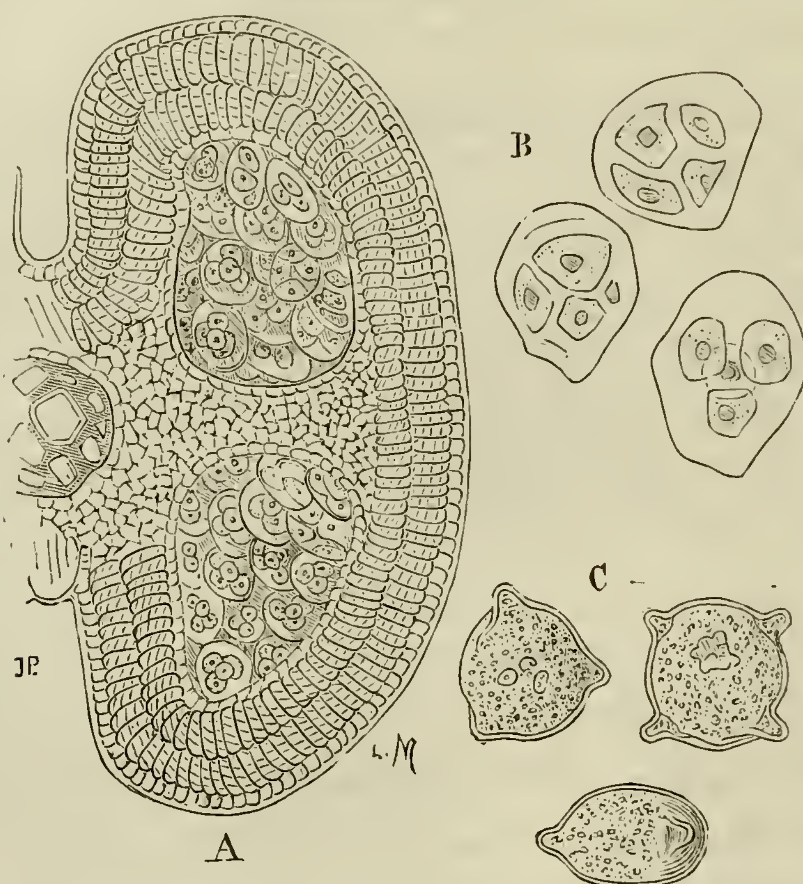


Fig. 128. — Anthère du *Fuchsia*.

A, coupe transversale d'une demi-anthère montrant les deux loges pleines de cellules mères — B, cellules mères isolées contenant des grains de pollen en voie de formation; — C, jeunes grains de pollen.

Mais, avant la destruction de leur enveloppe commune et de celle que cette dernière a formée à la surface de chaque grain, celui-ci s'est enveloppé d'une membrane propre, laquelle se divise bientôt en deux couches, l'une extérieure, cuticulaire, sur laquelle s'organisent des sculptures diverses, pointes, stries, réseaux qui donnent aux grains de pollen les aspects les plus variés; c'est l'*exine*. L'autre interne, celluleuse, présentant souvent, en certains points, des épaississements destinés à fournir leur enveloppe aux tubes polliniques qu'émettra plus tard le grain, est l'*intine*. L'exine, membrane cuticulaire, jaunit par l'action de l'iode, elle est de nature albuminoïde; l'intine bleuit, elle est composée de cellulose pure.

Le pollen formé, le développement de l'anthère continue et abou-

tit le plus souvent à sa déhiscence et à la dissémination du pollen. Le mode de déhiscence, nous l'avons dit, est divers, mais le procédé est presque toujours le même. Les cellules des assises internes de la paroi s'incrustent de bandes d'épaississement qui en font des cellules annelées (1). Tandis qu'elles se développent et se multiplient, les cellules épidermiques restent rigides et sans accroissement; elles exercent donc une sorte de traction sur les couches internes, traction qui détermine la rupture du tissu aux points ou sur la ligne de moindre résistance (fig. 122, 123, 124, 125).

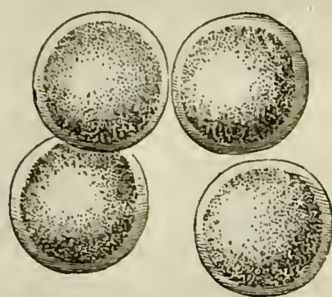


Fig. 129. — Pollen de *Ranunculus repens.*

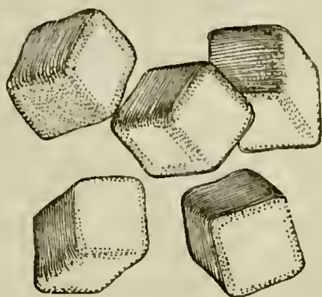


Fig. 130. — Pollen de *Basella rubra.*

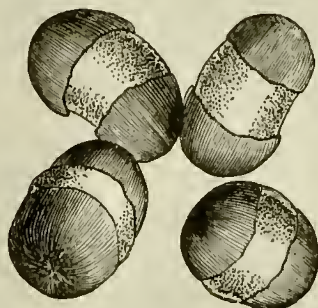


Fig. 131. — Pollen pluricellulaire du *Pinus Laricio.*

Le pollen, mis en liberté, se présente sous forme d'une poussière ordinairement colorée en jaune, en blanc, en bleu, en brun, et souvent même enduite d'une matière résineuse, huileuse ou cireuse, d'un jaune plus ou moins foncé, et qui facilite son adhérence sur le stigmate. Cette poussière est composée de petits grains généralement sphériques, quelquefois ovoïdes. Ces grains peuvent, dans certaines plantes, rester groupés quatre par quatre (*Rhododendron*), comme ils se trouvaient dans les cellules mères, ou même constituer des masses, appelées *pollinies,* beaucoup plus volumineuses, comprenant tout le contenu d'une loge (Orchidées) et cimentées par la matière résineuse qui les revêt. Dans ce cas, l'intervention des insectes devient nécessaire pour amener la dissémination du pollen.

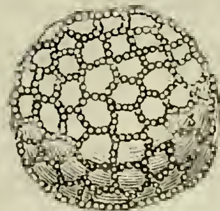


Fig. 132. — Pollen de lis blanc (fort grossissement),

(1) La double couche de grandes cellules allongées qui enveloppent l'anthère sous l'épiderme (fig. 128) est formée des cellules annelées dont nous avons représenté un exemplaire dans la figure 85, B. Ces cellules ont, en raison de leur épaississement qui fait ressort, une élasticité manifeste.

L'étude des grains de pollen au microscope est excessivement intéressante. On la fait dans l'essence de térébenthine, dans l'essence de citron ou de girofle, parce que l'eau amène le gonflement et la déformation des grains. On constate ainsi que l'exine est le plus souvent garnie de pointes, de réseaux, de stries, etc. Elle présente souvent des points d'amincissement au-dessous desquels l'intine est au contraire épaissie. Ces points ou *pores*, au nombre de 2, 3 à 6, ou même beaucoup plus, dans les différentes plantes, marquent la partie où se produira le tube pollinique.

L'exine du pollen des *Thumbergia* est très-curieuse et formée d'une bande striée et réticulée, contournée en une sorte de spirale double.

L'intine est généralement assez mince, sauf aux points qui correspondent aux pores. Elle est très-extensible. Lorsqu'on place le grain de pollen sur le stigmate humide d'une fleur ou dans de l'eau sucrée, gommée, ou même dans l'eau pure, il absorbe de l'eau; l'exine, peu dilatable, cède sous la pression de l'intine qui se gonfle, un des pores s'ouvre en rejetant de côté, comme un opercule, la portion d'exine qui le fermait, et l'intine gonflée fait hernie par l'ouverture. Cette hernie augmente continuellement et se transforme bientôt en un tube extrêmement long qui constitue le *tube* ou *boyau pollinique*. Celui-ci s'accroît jusqu'au moment où la membrane, très-mince, qui le recouvre, crève, et le plasma intérieur se répand comme par une sorte d'éjaculation. Ce protoplasma (*fovilla*) contient dans un liquide mucilagineux des granules albuminoïdes, des grains d'amidon et des gouttelettes d'huile. Au moment de la rupture, beaucoup de ces corpuscules sont souvent doués d'un mouvement brownien très-prononcé, ce qui les a fait prendre parfois pour des spermatozoïdes.

Le diamètre des grains de pollen est assez variable. Voici quelques chiffres que nous avons relevés sur le pollen de plantes très-répandues. On trouve, d'ailleurs, dans le pollen d'une même plante de petits et de gros grains.

Gazon annuel (*Poa annua*)........................	0^{mm},0289
Bouton d'or (*Ranunculus acris*)......................	0^{mm},0350
Muguet (*Convallaria majalis*)........................	0^{mm},0340—0^{mm},0440
Marronnier d'Inde (*Æsculus hippocastanum*)......	0^{mm},0520

Oranger (*Citrus aurantiacum*)................	0mm,0300
Robinier (*Robinia pseudo-acacia*)................	0mm,0650
Pivoine (*Pæonia Moutan*)................	0mm,0400
Lilas (*Syringa vulgaris*)................	0mm,0400
Giroflée (*Cheiranthus cheiri*)................	0mm,0385—0mm,0400
Lis blanc (*Lilium candidum*)................	0mm,0850 et plus.
Paulownia (*Paulownia imperialis*)................	0mm,0360
Aubépine (*Cratægus oxyacanthos*)................	0mm,0400
Petite capucine (*Tropæolum minus*)................	0mm,0255
Fuchsia (*Fuchsia*)................	0mm,0520
Soleil annuel (*Helianthus annuus*)................	0mm,0210
Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*), longueur 0mm,0600 — largeur 0mm,0415	

Préparation. — En étudiant l'anthère pour suivre le développement du pollen, on pourra examiner la très-curieuse disposition des assises cellulaires qui forment la paroi des loges, cellules qui présentent, avons-nous dit, des épaississements annelés. On trouvera cette disposition dans la Jacinthe (*Hyacinthus*), les Muguets (*Convallaria majalis* et *polygonatum*), la Giroflée (*Cheiranthus cheiri*), etc. Elles sont spiralées dans le *Datura*, la Narcisse des poëtes, certains Chèvrefeuilles (*Loniscera*). Dans la Violette (*Viola odorata*), elles sont réticulées ainsi que dans la Tulipe, la Fritillaire (*Fritillaria imperialis*). Certaines autres plantes offrent, dans la même partie, des dispositions très-curieuses et qui méritent d'être étudiées, tels sont le *Cucurbita pepo*, le Nénuphar (*Nuphar luteum*), la Primevère de Chine (*Primula sinensis*), la Pulmonaire et le Cynoglosse officinales, les Anémones, les *Delphinium*, la Balsamine (*Impatiens balsamina*), la Capucine (*Tropæolum majus*), le Dahlia, les Géranium et Pélargonium, l'Acacia ou Robinier (*Robinia pseudo-acacia*), le Troène (*Ligustrum vulgare*), le Poirier, beaucoup de Conifères, Pin, Cyprès, Genèvrier (*Pinus*, *Cupressus*, *Juniperus*), etc.

Nous avons dit comment on opère pour l'étude des anthères, ajoutons que pour l'examen spécial de ce tissu, il est plus facile de couper l'anthère, dans toute sa longueur, en deux moitiés qu'on laisse tremper pendant quelques heures dans l'eau ou dans la glycérine ; les grosses anthères du Lis, de la Capucine se prêtent bien à cette opération. Puis, on étale les coupes au pinceau, on enlève le pollen, on lave à grande eau et on place la préparation sur le porte-objet. Quelquefois, il faut presser la pellicule ainsi obtenue pour lui donner la minceur voulue. On écrase de cette manière

une partie du tissu, mais on en isole toujours des fractions suffisantes pour l'étude.

Des coupes très-minces, transversales, donneront les mêmes résultats, si elles sont bien faites, et en opérant sur des anthères à tous les états de développement, on suivra la génération des cellules mères et du pollen. Il faut employer des grossissements d'au moins 4 à 600 diamètres (obj. 5 et 7 Nachet, 7, 9 et 10 Hartnack). Les objectifs à immersion, particulièrement le n°7 Nachet sont plus commodes à cause de leur plus long foyer. Il en est de même des n° 10 Hartnack, n° 2, imm. de Zeiss, 1/10 de pouce de Beck, 1/8 de Powell, 1/12 de Swift. Il faut toujours employer, surtout avec les derniers objectifs, des coupes très-minces et des couvre-objets très-fins.

Quant au pollen, son étude est aussi des plus attrayantes; le plus souvent, on peut l'observer en nature, avec des grossissements de 300 à 500 diamètres (obj. 3 à 5 N., 5 à 9 H.). On examine ainsi l'aspect de l'exine et même de l'intine, surtout si l'on opère sur des pollens secs. Des coupes transversales de ces grains sont très-intéressantes, et nous avons dit comment on réussit à les faire en répandant les grains sur l'extrémité gommée d'un bâton de moelle de sureau. On recouvre avec une couche d'eau gommée et sucrée et l'on fait des coupes, au hasard, dans la masse séchée qu'on délaie ensuite dans l'eau, pour chercher les grains qui ont été coupés. On observe ainsi le profil des pointes ou des rugosités de l'exine, des opercules, des pores, des épaississements de l'intine. On remarque même que certains pollens sont formés de plusieurs cellules (Conifères). Ces études se font dans les essences, dans l'acide sulfurique. On emploie l'acide nitrique pour dissoudre l'intine et isoler l'exine. L'examen des dessins de l'exine se fait bien avec les objectifs à grand angle de Powell, Hartnack, Zeiss, etc.

Mais si l'on veut observer l'émission des boyaux polliniques, il faut ramasser, avec un pinceau, le pollen répandu sur le stigmate de certaines fleurs. On peut même faire des pollinisations dans ce but, sur des fleurs *ad hoc* dont le stigmate est très-lubrifié. On cite le *Hoya carnosa*, Asclépiadée qu'on trouve dans toutes les serres chaudes, la Fritillaire dont on utilise les nectaires doués

d'une sécrétion très-active. On trouve aussi des grains de pollen ayant émis leur tube en faisant des coupes longitudinales de stigmates ou de styles, ou même d'ovaires. Mais on peut déterminer l'émission du tube pollinique artificiellement, et sur le porte-objet même, en plaçant les grains dans l'eau sucrée ou même dans l'eau pure ; l'opération est seulement plus longue. Elle exige plusieurs heures, quelquefois plusieurs jours ; et, si l'on entretient le liquide, on peut voir les tubes s'allonger pendant trois ou quatre jours, puis crever, en déterminant dans le grain un mouvement de recul plus ou moins énergique. On examine alors, avec les réactifs, le protoplasma répandu, et l'on reconnaît qu'il renferme des matières azotées, amylacées, sucrées et huileuses.

Certains pollens se prêtent mieux que d'autres à ce développement artificiel. On doit évidemment, dans ce cas, se servir de pollen frais et mûr. On pourra étudier ainsi les pollens de *Cucurbita pepo*, de Houblon (*Humulus lupulus*), de Maïs (*Zea mais*) (1), de Rose trémière (*Althœa rosea*), de Lis, de Campanule (*Campanula pyramidalis* et autres), de Soleil annuel (*Helianthus annuus*), de *Cobœa scandens*, de *Pelargonium*, de Chicorée (*Cichorium intybus*) et de mille autres plantes.

On doit remarquer, lorsqu'on mesure le diamètre des grains de pollen, que ceux-ci, lorsqu'ils sont secs, ont presque toujours une forme allongée, avec un, deux ou trois plis longitudinaux qui leur donnent souvent l'aspect d'un pain fendu. Leur longueur est alors plus grande que ne serait leur diamètre s'ils avaient leur forme sphérique ordinaire, forme qu'ils reprennent, d'ailleurs, rapidement lorsqu'on les place dans la glycérine un peu étendue. Il faut les mesurer aussitôt qu'ils ont repris leurs dimensions, surtout si on les observe dans l'eau, parce que leur gonflement devient bientôt considérable et donnerait de fausses mesures.

(1) Lebaillif, dit M. Arthur Chevalier, a vu éjaculer du pollen de Maïs conservé dans un cornet pendant deux ans.

II. Les ovules.

Les ovules sont à proprement parler les jeunes graines, telles qu'elles se présentent dans l'ovaire avant la fécondation. La nature morphologique de ces organes et des parties qui les composent n'est pas encore nettement établie, du moins d'une manière générale, par les botanistes micrographes et, nous ne pouvons rapporter ici les discussions que soulève cette question. Nous nous bornerons donc à décrire les ovules tels qu'on les trouve quand on ouvre l'ovaire d'une jeune fleur.

Nous avons déjà dit qu'ils peuvent être plus ou moins nombreux dans chaque carpelle, ou dans l'ovaire. Par exemple, il peut n'en exister qu'un seul, central, et qui paraît alors le prolongement de l'axe floral, le cône de végétation du bourgeon qui s'est transformé en fleur. Ils peuvent être nombreux et rangés sur l'axe (placenta axile) comme les feuilles sur la tige, et alors ils paraissent être réellement des feuilles transformées (Primulacées, Composées).

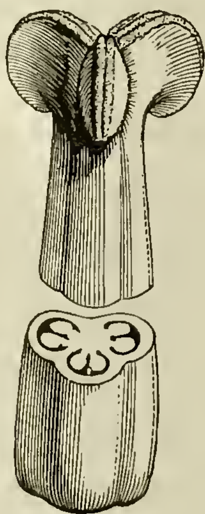


Fig. 133. — Coupe transversale de l'ovaire de la Tulipe.

Ovaire triloculaire; les ovules sont insérés sur les bords, soudés et gonflés en placenta central, de chaque feuille carpellaire.

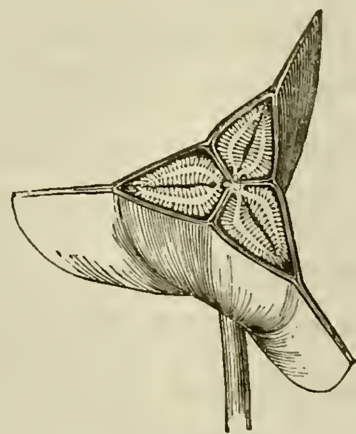


Fig. 134. — Coupe transversale de l'ovaire du *Begonia incarnata*.

Les bords des feuilles carpellaires sont développés en deux lames, couvertes d'ovules sur chaque face, et qui s'avancent dans chaque loge comme deux fausses cloisons incomplètes.

Ou bien ils s'insèrent sur les bords des feuilles carpellaires comme les folioles d'une feuille pinnée ; ils ne représentent donc, dans ce cas, que des fractions de feuille (*Cycas*). Parfois enfin, quoique rarement, ils sont insérés sur la surface supérieure de la feuille carpel-

laire et l'on ne peut plus guère les comparer qu'à des poils. Et cette comparaison semble, d'ailleurs, assez naturelle, quand on pense que les sporanges de certaines plantes Cryptogames (Fougères, Salviniées, Marsiléacées, etc., etc.,) ne sont pas autre chose que des poils transformés.

Quoi qu'il en soit, l'ovule se présente ordinairement comme une petite masse de tissu cellulaire fixée au placenta par un pédoncule, ou *funicule*, que parcourt un faisceau vasculaire allant se distribuer dans l'ovule. Quelquefois le funicule manque et l'ovule est sessile.

Bientôt, on voit se développer à la base de ce petit mamelon qui constitue particulièrement le *nucelle*, un bourrelet cellulaire qui s'accroît et forme peu à peu une enveloppe au nucelle en laissant,

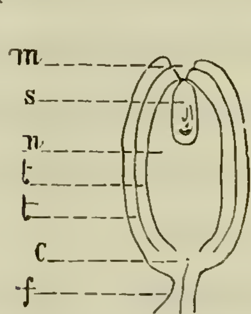


Fig. 135. — Coupe transversale d'un ovule orthotrope (schéma).
t, tégument interne; *t'*, tégument externe; *n*, nucelle; *m*, micropyle; *c*, chalaze; *f*, funicule; *s*, sac embryonnaire.

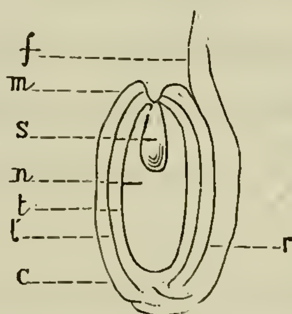


Fig. 136. — Coupe longitudinale d'un ovule anatrope (schéma).
f, funicule; *r*, raphé; *t*, tégument interne; *t'*, tégument externe; *n*, nucelle; *m*, micropyle; *c*, chalaze; *s*, sac embryonnaire.

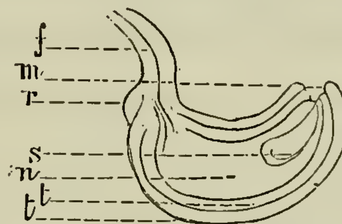


Fig. 137. — Coupe longitudinale d'un ovule campulitrope (schéma).
(Mêmes lettres que dans les figures précédentes.)

à son extrémité, une fine ouverture, le *micropyle*. Le plus souvent, une seconde enveloppe se forme de même et s'arrête au même point que la première, en ménageant le micropyle. Le point d'origine de ces deux téguments, où ils se confondent avec la base du nucelle, est la *chalaze*. Enfin, à la partie supérieure du nucelle et dans son intérieur, se forme bientôt une cavité qui est le *sac embryonnaire* (fig. 135 à 137).

L'ovule qui se développe ainsi tout droit est dit *orthotrope*, mais, il arrive souvent que, dans sa croissance, l'ovule éprouve une inclinaison sur le funicule, de telle sorte qu'il fait, pour ainsi dire, la bascule. Le micropyle n'est plus opposé au point de suspension,

mais vient se placer dans son voisinage, tandis que le faisceau vasculaire qui parcourt le funicule s'allonge sur les téguments avec lesquels il se soude, en formant un petit cordon latéral qu'on appelle le *raphé*. L'ovule est alors dit *anatrope* (Lis, Pensée) (fig. 136).

Malgré cette inversion le nucelle est resté droit et le micropyle est toujours opposé à la chalaze, mais il peut arriver que le nucelle subisse une flexion plus ou moins considérable, en forme de fer à cheval, qui rapproche la chalaze du micropyle, Le raphé devient très-court ou nul. L'ovule est alors *campulitrope* (*Alismacées*). Entre ces trois types principaux, on trouve d'ailleurs toutes les formes intermédiaires possibles (fig. 137).

Les ovules de toutes les plantes n'ont pas toujours la même composition, certains n'ont qu'un seul tégument comme ceux du Noyer (*Juglans regia*), de la Balsamine ; d'autres n'en ont pas du tout, et sont formés d'un nucelle nu (*Myriophyllum*, *Hippuris*). Dans les Loranthacées, même, il ne se forme plus d'ovules distincts : il se produit des sacs embryonnaires dans le tissu axile de l'ovaire.

Si quelqu'un des téguments de l'ovule peut manquer, on peut aussi en trouver un troisième, extérieur, l'*arille* qui constitue le macis de la Muscade (*Myristica*) et qu'on observe facilement dans l'Asphodèle (*Asphodelus luteus*), et dans les Fusains (*Evonymus europœus*, *americanus*, etc.)

On aura donc à étudier la situation des ovules dans l'ovaire et cette étude indiquera leur origine morphologique dans chaque plante. On trouvera ainsi : 1° des ovules d'origine carpellaire qui seront ou marginaux et naissants du bord rentrant des carpelles répliés (*Phaseolus*), ou superficiels, c'est-à-dire procédant de la surface interne de la feuille carpellaire (*Butomus*) ; 2° des ovules d'origine axile et naissants de la prolongation de l'axe floral dans l'ovaire, ovules qui seront ou latéraux et insérés comme des feuilles sur une tige (parfois réduits à un seul, *Anagallis*, *Helianthus*), ou bien terminaux et formés par l'extrémité de l'axe lui-même (*Rheum*).

Mais quelles que soient sa position et son origine, on trouvera toujours l'ovule creusé, à l'intérieur du nucelle, d'une cavité provenant de l'agrandissement d'une des cellules centrales. L'accroisse-

ment de cette cellule, qui constitue le sac embryonnaire, est plus ou moins précoce, selon les plantes, et plus ou moins considérable. Le plus souvent, une partie du tissu du nucelle persiste, mais quelquefois aussi il est entièrement détruit ou refoulé, et la paroi du sac embryonnaire arrive au contact du tégument interne de l'ovule qu'elle peut même pénétrer en différentes parties (certaines Labiées). Ou bien encore, elle parvient jusqu'au micropyle, le traverse et vient faire hernie dans la cavité ovarienne (Labiées). On voit quelquefois plusieurs sacs embryonnaires se former dans le même ovule, mais un seul d'entre eux se développe complétement.

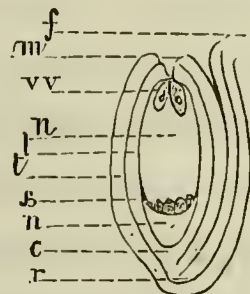


Fig. 138. — Coupe longitudinale d'un ovule anatrope après le développement des vésicules embryonnaires.

f, funicule ; *t,t'*, téguments interne et externe ; *m*, micropyle ; *c*, chalaze ; *r*, raphé ; *n,n*, nucelle creusé d'un vaste sac embryonnaire et dont le tissu ne subsiste qu'à la partie inférieure ; *v,v*, vésicules embryonnaires ; *a*, cellules antipodes des vésicules embryonnaires.

Le sac embryonnaire est rempli de protoplasma granuleux au centre duquel on distingue un noyau contenant un nucléole. Mais en poursuivant l'examen d'ovules un peu plus avancés, quoique pris bien avant la fécondation, on voit se former dans la voûte supérieure du sac embryonnaire, au voisinage du micropyle, quelquefois une cellule, mais le plus souvent deux cellules allongées, dont l'une un peu plus élevée que l'autre, étroitement pressées l'une contre l'autre et contre les parois du sac. Leur extrémité libre pend dans la cavité et contient un noyau. — Ce sont deux cellules primordiales qu'on appelle *vésicules embryonnaires* (1) (fig. 138).

Un peu avant l'apparition de ces vésicules, on peut remarquer dans un certain nombre de plantes, l'organisation, au fond du sac embryonnaire, à l'extrémité opposée aux vésicules, de quelques cellules, plus ou moins développées ou rudimentaires, qu'on a appelées *cellules antipodes des vésicules embryonnaires* (Renonculacées). Enfin, dans certaines plantes encore, comme les Glaïeuls (*Gladiolus*), le Maïs (*Zea*), le Safran (*Crocus*), mais surtout les *Watsonia* et les *Santalum*, on voit le sommet des vésicules embryonnaires, s'allonger, pénétrer dans le micropyle, le franchir même parfois,

(1) Elles correspondent aux oosphères des Cryptogames vasculaires.

et prendre un aspect strié ou filamenteux. Cet organe, que Schacht appelle *appareil filigère* ou *filamenteux*, paraît jouer un rôle dans la fécondation en guidant l'extrémité du tube pollinique dans l'ostiole du micropyle.

Préparation (voir p. 426, préparation des ovules pendant la fécondation).

III. Fécondation.

Lorsque sont formées les vésicules embryonnaires, le pollen a achevé son évolution dans les loges des anthères, qui se sont ouvertes, et la poussière fécondante est tombée sur le stigmate.

Là, les grains de pollen, retenus par les aspérités qui recouvrent ordinairement leur surface, sont restés adhérents aux papilles, toujours lubrifiées, du tissu stigmataire. A ce contact, sous l'influence de l'humidité, de la chaleur et de l'air, les grains éprouvent une véritable germination comparable à celle des microspores chez les Cryptogames vasculaires. Nous avons vu par quel mécanisme l'intine fait hernie par une ouverture de l'exine et se développe en un tube qui s'enfonce dans le canal du style, s'il existe, ou pénètre à travers le tissu conducteur, pour arriver jusque dans la cavité ovarienne, au contact des ovules.

Ce développement est quelquefois très-rapide, quelquefois très-lent, et le chemin à parcourir souvent considérable lorsque le style est très-allongé. Un ou deux jours suffisent parfois, mais il faut dix jours chez les Orchidées, pour amener le tube pollinique jusque dans l'ovaire. Pendant toute la durée de ce développement, le tube conserve des parois très-minces et un très-petit diamètre, mais lorsqu'il est arrivé dans le micropyle d'un ovule, sa membrane s'épaissit considérablement et son extrémité se dilate.

Il faut un tube pollinique et, par conséquent, un grain de pollen pour féconder un ovule. Le nombre des tubes qui pénètrent dans l'ovaire est donc en raison de la quantité d'ovules que celui-ci renferme. Dans les Orchidées, dont l'ovaire contient des milliers d'ovules, les tubes polliniques sont innombrables et l'on peut les voir

à l'œil nu formant comme un faisceau serré d'un blanc soyeux et nacré.

Le tube, guidé par l'appareil filigère, par les papilles des placentas, par des poils diversement placés ou par des productions particulières, pénètre dans le micropyle d'un ovule ; traverse ce qui reste de tissu nucellaire et arrive au contact des vésicules embryonnaires pour mêler son protoplasma à celui de ces vésicules. Par le fait même du contact, l'ovaire qui, souvent, s'était déjà développé d'une manière considérable, prend un nouvel et rapide accroissement, la fleur se fane et son périanthe tombe, et, le plus souvent, de grandes modifications se produisent dans le contenu du sac embryonnaire ; mais quelquefois ces modifications ne se manifestent que longtemps après le contact, plusieurs semaines dans certains arbres, Chêne, Hêtre, Noyer, Orme, Érable, Oranger, etc., six mois dans le Colchique (*Colchicum autumnale*) et un an chez certains Chênes américains dont les graines ne sont mûres qu'au bout de deux ans.

Le sac embryonnaire, avons-nous dit, renferme ordinairement deux vésicules ; aussi arrive-t-il quelquefois que, les deux vésicules fécondées, il se développe, originairement, deux embryons dont l'un seul arrive à terme, mais presque toujours une seule des deux vésicules se développe, et il est très-curieux de remarquer que celle qui reçoit le contact immédiat du tube pollinique, celle qui, d'ordinaire, est plus élevée que l'autre au voisinage du micropyle, est précisément celle qui ne se développe pas et périt, tandis que l'autre, la plus éloignée, produit l'embryon. Nous verrons plus loin en quoi consiste ce développement.

La fécondation dans l'ovule nu des Conifères et des Cycadées se fait par un procédé identique, mais les phases en sont un peu différentes, en raison surtout de la multiplicité des vésicules embryonnaires, qui portent dans ces plantes le nom de *corpuscules*, et du mode de développement tout particulier de ces organes. Nous sommes obligés pour l'étude approfondie de cette question de renvoyer aux ouvrages de Botanique (1).

(1) *Anatomie comparée de la fleur des Conifères*, etc., par V. Tieghem. (*Ann. des sc. nat. Bot.* X, 1869).

Préparation. — Les préparations à faire sur les ovules et qui, naturellement, se résument à des coupes longitudinales, sur des organes à divers degrés de développement, sont extrêmement difficiles. Aussi, est-il souvent plus commode d'observer des ovules excessivement petits et qu'on peut, en raison même de cette petitesse, examiner sous le microscope sans aucune préparation, après les avoir extraits de l'ovaire et placés dans un véhicule approprié, eau, glycérine, chlorure de calcium, etc., etc. — Tels sont ceux des Orchidées, *Orchis*, *Ophrys*, *Neottia*, *Loroglossum*, etc.

Sur les ovules très-gros, au contraire, on pourra, avec beaucoup d'adresse, enlever, en les plaçant sur le doigt, une première couche longitudinale sur l'une des faces et une seconde couche sur la face opposée. Il faut maintenir l'organe mouillé et le retourner sur le doigt avec un petit pinceau. La tranche médiane ainsi obtenue sera presque toujours assez mince pour fournir de bonnes observations des téguments, du nucelle et même du sac embryonnaire.

Pour examiner ces parties, il suffit même, le plus souvent, de faire dans l'ovaire des coupes minces longitudinales ou transversales suivant la position des ovules. Parmi les ovules qu'on aura ainsi traversés, il s'en trouvera toujours un ou plusieurs qui se prêteront à l'observation. Tels sont, par exemple, ceux du Lis, de la Pensée, des Œnothérées.

Ces coupes, faites sur l'ovule lui-même ou sur les ovules en masse contenus dans l'ovaire, permettront en général de voir le sac embryonnaire, mais on n'étudiera bien son contenu, avant la fécondation, qu'en plongeant la fleur pendant vingt-quatre heures dans l'alcool qui coagule le protoplasma et permet d'isoler le sac. On verra ainsi l'appareil filigère du glaïeul, du maïs, du crocus, divisé en deux segments au sommet des deux vésicules embryonnaires. On observera de même les cellules antipodes dont l'existence est éphémère.

Quant à la marche du tube pollinique dans le style, son arrivée dans l'ovaire, son contact avec la vésicule germinative, dans le sac embryonnaire, on peut les étudier facilement dans les Orchidées, dans le *Torenia asiatica* et plusieurs Gesnériacées. On fera des coupes longitudinales du stigmate et du style sur des fleurs fécondées naturellement ou qu'on aura *pollinisées* soi-même afin de sui-

vre, pour ainsi dire, pas à pas les phénomènes, et, naturellement, on choisira des fleurs à style court, comme la Pensée (*Viola tricolor*); mais il est assez rare qu'on puisse suivre, dans ces coupes, la marche entière d'un même tube pollinique. Il est plus simple, dans ce ce cas, de chercher son point d'arrivée dans l'ovaire, en faisant des coupes longitudinales au milieu de cet organe, ce à quoi on arrive facilement avec un peu d'habitude, et en faisant ces coupes sur un grand nombre de fleurs d'espèces diverses, au moment de la fécondation, ou quelque temps après les avoir pollinisées (1).

L'étude de la fécondation chez les Conifères et autres Gymnospermes n'est pas très-difficile. On doit la faire au mois de juin, époque à laquelle les tubes polliniques pénètrent dans les corpuscules, mais les phénomènes ultérieurs jusqu'à la maturation de la graine, mettent deux ans à s'achever.

Ces observations exigent des grossissements de 100 à 500 diamètres (object. 5 N., 8 H. 6 Vr., E Z s.). Les préparations se conservent très-bien dans le chlorure de calcium.

CHAPITRE VIII

LA GRAINE ET LA GERMINATION

La première conséquence de la fécondation est la résorption du noyau dans le sac embryonnaire; un peu plus tard, la vésicule fécondée, qui, d'ordinaire, ne possédait pas de membrane, s'entoure d'un enveloppe cellulaire, comme l'oosphère des Cryptogames après la fécondation qui en a fait une oospore; le phénomène est d'ailleurs exactement le même.

Puis, l'*endosperme* ou *albumen* se développe, c'est-à-dire que le sac embryonnaire se remplit entièrement, ou seulement le long de ses parois, d'un tissu cellulaire formé aux dépens de son protoplasma. Une

(1) Si l'on place les grains de pollen dans un milieu convenable, les tubes polliniques se développent activement, et si l'on ajoute alors des ovules non fécondés pris à la même plante, quelques-uns sont fécondés sous les yeux de l'opérateur qui assiste à la première organisation de l'embryon; le développement s'arrête bientôt faute de nourriture. (Van Tieghem.)

partie de ce tissu reste quelquefois à l'état liquide (c'est lui qui forme le lait de la noix de Coco), tandis qu'une couche cellulaire seulement est condensée contre les parois (fig. 139). L'endosperme ainsi formé par le sac embryonnaire est plus ou moins volumineux et gorgé de principes nutritifs, amidon, matières grasses ; mais quelquefois il est rudimentaire (*Tropœolum*) ou même nul (*Canna*). Dans la graine mûre, il peut subsister plus ou moins et prendre des aspects différents, féculent, huileux, corné (café, dattier), pierreux (*Phytelephas*), marbré par des prolongements de l'enveloppe extérieure dans la substance de l'endosperme. Mais il arrive aussi très-souvent que le développement postérieur de l'embryon, notamment des cotylédons, détermine la résorption ou la destruction plus ou moins complète de l'endosperme, et ce sont ordinairement, dans ce cas, les cotylédons qui se gorgent de matières nutritives pour fournir les éléments nécessaires à la germination (fig. 140). Chez les Conifères,

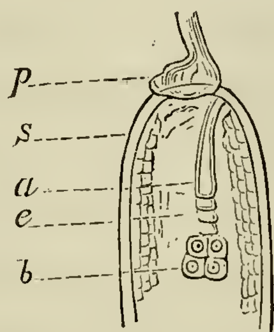


Fig. 139. — Vésicule embryonnaire fécondée d'un *Arabis*.

p, extrémité du tube pollinique; *s*, paroi du sac embryonnaire à la surface interne de laquelle se forment les couches cellulaires de l'endosperme *e*; *a*, vésicule embryonnaire fécondée et développée en procmbryon ; *b*, embryon.

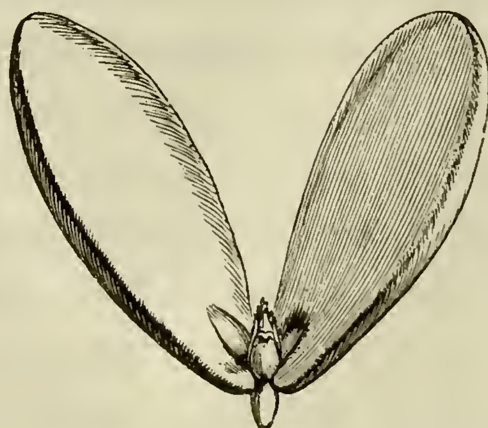


Fig. 140. — Graine de l'amandier (ouverte et grossie).

Les deux cotylédons succulents qui constituent l'*amande* sont écartés pour montrer l'embryon terminé par la gemmule.

l'endosperme se forme une première fois avant la fécondation, mais se résorbe lors de la formation des corpuscules.

Pendant que l'endosperme se forme et s'accroît en volume, la partie du nucelle qui a subsisté peut se résorber ou bien, au contraire, prendre un certain développement, se remplir même de matériaux nutritifs et se substituer plus ou moins à l'albumen ; elle forme alors le *périsperme*. Le tégument, simple ou double, de l'ovule forme l'enveloppe de la graine et prend divers aspects.

Quant à la vésicule germinative fécondée, nous avons à suivre maintenant son développement dans le sac embryonnaire devenant l'endosperme. Son extrémité tournée vers le micropyle se soude avec la paroi du sac, et la vésicule s'allonge vers le fond de la cavité, en se fractionnant et formant deux, trois ou quatre cellules par segmentation. Cette petite masse cellulaire, arrondie, et le plus souvent allongée en tube, constitue le *suspenseur* ou *proembryon*, et sa cellule terminale, ou *cellule embryonnaire*, est celle qui va se développer en embryon véritable. Cette division de la cellule embryonnaire par des cloisons longitudinales ou obliques, ne tarde pas à former un petit corps arrondi qui est l'*embryon* sur lequel apparaîtront bientôt comme un ou deux mamelons terminaux, les premières feuilles ou *cotylédons ;* la *radicule* se formera par une modification du tissu cellulaire au point de réunion de l'embryon avec le proembryon (fig. 139 et 140).

Le développement de l'embryon lui-même peut être suivi sur des coupes longitudinales, et l'on remarque qu'il commence par produire quatre cellules, par la division de la cellule embryonnaire terminant le cordon du proembryon, puis une cellule particulière se forme, toujours par division, entre l'embryon et la dernière cellule du proembryon. Cette formation est importante, car c'est d'elle et du tissu qui en naîtra que se formera la racine, c'est l'*hypophyse* (Hanstein). Bientôt, entre l'hypophyse et l'embryon on voit s'intercaler de nouvelles cellules, pendant que la masse embryonnaire se multiplie par division, en procédant du sommet vers la base ; enfin, ce tissu fondamental se différencie en une couche superficielle, laquelle ne s'accroît plus qu'en surface et non en profondeur, c'est le *dermatogène*, épiderme primordial de la jeune plante ; en un tissu central qui est le plérôme, et en un anneau intermédiaire, le *périblème* formant l'écorce primaire. Sur la partie supérieure de l'embryon ainsi constitué, se développent un, deux ou plusieurs lobes qui sont les cotylédons.

C'est alors seulement que l'hypophyse s'accroît. Cette cellule se dédouble bientôt en deux autres, l'une supérieure, l'autre inférieure. La première, en se divisant latéralement, forme elle-même deux couches, dont l'externe continue le dermatogène, et l'interne achève le

périblème, tandis que la cellule inférieure de l'hypophyse reste et constitue comme la première *coiffe* de la jeune racine ainsi formée. L'accroissement de la racine se produit à l'aide du dermatogène, qui, dans ce point seulement, fournit des couches successives ; à chaque division, il se forme ainsi intérieurement une couche de dermatogène qui se divisera plus tard, et extérieurement une couche qui épaissit la coiffe.

Pendant que la radicule s'accroît ainsi en longueur, fournissant même parfois des racines latérales, il se forme à l'autre extrémité de l'embryon, à la base du lobe cotylédonaire, s'il n'y en a qu'un, entre les deux lobes, s'il y en a deux, au centre du groupe, s'il y en a davantage (Conifères), un petit mamelon qui représente le cone de végétation de la *tigelle*. Mais le développement de cette partie va souvent plus loin et les feuilles s'organisent, comme tout le monde a pu le constater dans le Haricot, où l'on voit, entre deux cotylédons charnus qui ont détruit tout l'endosperme, deux petites feuilles très-bien conformées et, entre elles, un bourgeon très-reconnaissable. C'est ce qu'on nomme la *gemmule*(fig 140 et 141).

Pendant que l'embryon subit cette série de transformations, l'endosperme, s'il existe, se complète ; le périsperme, s'il y en a un, se constitue avec les restes du nucelle, les téguments de l'ovule prennent plus ou moins de consistance et forment l'enveloppe, ou *épisperme*, de la *graine*. L'ovaire lui-même s'accroît et devient un *fruit;* sa paroi s'épaissit et prend le nom de *péricarpe ;* on peut souvent y distinguer trois téguments distincts, plus ou moins épais et marqués, l'*épicarpe*, à l'extérieur, l'*endocarpe*, à l'intérieur, et le *mésocarpe* qui devient souvent charnu, comme dans la pomme et la poire, et est alors désigné sous le nom de *sarcocarpe*.

Telle est la composition générale de la graine que nous supposons maintenant parvenue à maturité et placée dans des conditions telles que l'embryon puisse retrouver l'activité vitale, suspendue pendant plus ou moins longtemps, et continuer l'évolution qui doit en faire une plante nouvelle.

Si le fruit est déhiscent, la graine se détache et l'on remarque, sur son tégument externe, l'empreinte de l'insertion du funicule, le *hile*. Si le fruit n'est pas déhiscent, ses enveloppes se ramollissent

ou se détruirent en certains points sous l'influence de l'eau, de l'air et de la chaleur, ou bien éclatent sous l'effort de l'embryon qui s'accroît, et la racine peut s'enfoncer dans le sol.

La racine véritable de l'embryon est le plus souvent excessivement petite et réduite à quelques couches cellulaires, car ce qu'on appelle ordinairement la *radicule*, par opposition à la *plumule* formée par les premières feuilles, est en réalité la tige, ou du moins la partie de la tige située entre la racine et les cotylédons. Quelquefois, c'est la racine qui s'accroît la première, mais le plus souvent c'est la partie hypocotylée de la tige qui s'allonge, poussant la racine par en bas et élevant au-dessus d'elle l'extrémité cotylédonaire. Celle-ci, en effet, ne tarde pas à apparaître au niveau du sol et à le dépasser souvent d'une hauteur relativement considérable. On peut juger avec quelle énergie se produit cette poussée, en examinant la germination du haricot dont on voit les cotylédons soulever une épaisse couche de terre et s'élever, en se recourbant et en s'écartant, pour mettre au jour la gemmule qui ne tarde pas à se développer rapidement. On constate ainsi les divers arrangements de ces cotylédons dans l'albumen, s'il y en a un, ou dans les enveloppes de la graine : tantôt appliqués l'un contre l'autre et droits, comme dans le Haricot, tantôt repliés, comme dans le ricin, tantôt recourbés, comme dans le sycomore, ou enroulés autour de la gemmule, comme dans beaucoup de Monocotylédonées. Souvent charnus, ils sont, parfois aussi, minces et foliacés. Tantôt ils tombent après avoir fourni des sucs nutritifs à la plante, tantôt, et même le plus souvent, surtout s'ils sont minces, ils verdissent et prennent l'aspect des feuilles, bien qu'ils n'aient ordinairement ni la taille ni la forme des feuilles végétatives de la plante.

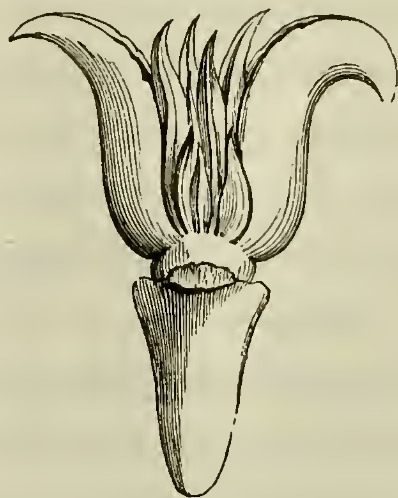


Fig. 141. — Embryon de l'amandier (grossie).

La gemmule foliacée commence à se développer et la partie hypocotyèle de la tigelle (les cotylédons ont été enlevés) commenee à s'allonger en racine.

Cependant, la véritable racine s'est développée, a émis des racines secondaires, ses tissus se sont différenciés, ainsi que ceux de la tige ; un anneau de cambium y a apparu, les faisceaux vas-

culaires s'y sont multipliés. L'embryon est devenu une plante complète.

On comprend que, dans ce court exposé, nous n'avons pu que tracer un tableau général des phénomènes qui constituent et accompagnent la formation et le développement de l'embryon, ainsi que sa germination. Des cas particuliers nombreux, des différences plus ou moins importantes dans l'évolution des divers organes seraient à signaler, suivant la classe, la famille et même l'espèce à laquelle appartient chaque plante. L'examen de ces cas et de ces différences constitue précisément la partie la plus intéressante des études que l'étudiant micrographe aura à entreprendre sur la fécondation, la formation de la graine et la germination, et les indications que nous avons données, les seules que nous permettait le cadre de cet ouvrage, suffiront pour guider l'observateur dans ces délicates recherches.

Préparation. — L'évolution de l'embryon, postérieurement à la fécondation, exige les mêmes préparations que le développement de l'ovule avant et pendant l'introduction du boyau pollinique dans le micropyle, nous n'y reviendrons donc pas. L'étude de l'embryon à maturité est plus facile, car le plus souvent on peut l'isoler des autres parties de la graine et pratiquer sur lui diverses coupes. Quant à l'examen de la graine, de ses tissus, de ses enveloppes, il ne présente pas de difficultés, sauf pour quelques graines très-dures qu'il faudra traiter comme les parties ligneuses ou même comme des substances pierreuses, ce qui exigera l'emploi de la scie et le polissage sur une pierre à aiguiser. Ces cas sont d'ailleurs assez rares, et la plupart des préparations qui exigent un outillage spécial se trouvent toutes faites dans le commerce.

Pour observer les diverses phases de la germination, le meilleur moyen consiste à semer des graines dont on examinera le développement à de courts intervalles. Cette étude se fera par les moyens connus, et l'on aura à rechercher, dans les jeunes plantes, les éléments que nous avons signalés en traitant des tiges, des racines, des feuilles; on observera la multiplication et la division des faisceaux vasculaires, la formation de la partie ligneuse, de l'anneau de cambium, de l'écorce. On recherchera la limite de la

racine et de la tige, la disposition, la forme et la nature des cotylédons, et l'on fera cet examen sur un grand nombre de plantes appartant à l'ordre des Gymnospermes, à ceux des Monocotyledonées et des Dicotyledonées, afin d'avoir une connaissance complète des phénomènes.

Toutes ces études, sauf celles qui ont rapport à la formation du proembryon et de l'embryon, lesquelles exigent des grossissements de 100 à 400 diamètres, peuvent se faire avec des objectifs faibles, sous des amplifications de 40 à 100 diamètres, suivant la nature des plantes à examiner.

CHAPITRE IX.

LES CRYPTOGAMES VASCULAIRES

Les détails que nous avons donnés dans les précédents chapitres sur la fleur, les organes qui la composent, le pollen, l'ovule, la fécondation s'appliquent particulièrement aux plantes dites Phanérogames, il nous reste à compléter ces notions en ce qui regarde les plantes Cryptogames qui sont, pour ainsi dire, construites sur un type différent, bien que les phénomènes relatifs à leur végétation et à leur reproduction puissent, aussi bien que leurs organes, être assimilés à ceux que nous avons exposés relativement aux Phanérogames.

Les plantes Cryptogames sont toujours plus simples dans leur structure, c'est-à-dire que leurs tissus ne subissent pas un aussi grand nombre de modifications motivées par les fonctions diverses qu'ils ont à remplir. C'est ainsi que certaines sont douées d'une tige, de racines et d'organes foliacés, et munis d'un système vasculaire plus ou moins riche ; ce sont les Cryptogames vasculaires. D'autres, si elles ont encore une tige et des feuilles, n'ont plus de racines proprement dites, ni de vaisseaux ; on peut les séparer des précédentes sous le nom de Muscinées. D'autres enfin, n'ont plus ni véritables tiges, ni vraies feuilles ; elles consistent en expansions plus ou moins considérables, qu'on nomme *thallus*, ou en filaments,

ou même en cellules groupées ou solitaires, ce sont les THALLOPHYTES, groupe dans lequel on fait entrer les *Algues*.

Les Cryptogames vasculaires se rapprochent, sous bien des points, des Phanérogames, c'est par leur étude que nous commencerons ce groupe qui renferme les *Lycopodiacées*, les *Rhizocarpées*, les *Équisétacées* et les *Fougères*.

I. — Les Fougères.

Le caractère le plus saillant qui distingue tous ces végétaux est relatif à leur reproduction qui n'a plus lieu par une graine reproduisant une plante semblable à celle qui lui a donné naissance, mais par une *spore* dont la germination, par multiplication cellulaire ou segmentation, produit une plante toute différente qu'on appelle *prothalle*, le plus souvent capable d'un développement très-limité, quelquefois rudimentaire, mais sur laquelle se forment des organes spéciaux, les uns mâles, nommés *anthéridies*, les autres femelles appelées *archégones*. Les anthéridies laissent échapper, lors de leur maturité, de petits corps animés, munis ordinairement de cils vibratiles, les *anthérozoïdes*, dont le rôle est identique à celui que remplissent les *spermatozoïdes* dans le règne animal ; c'est-à-dire qu'au moyen de l'eau ou d'un mucilage spécial, qui leur sert de véhicule, ils s'introduisent dans les archégones et vont les féconder.

Les archégones, en effet, renferment une cellule primordiale ordinairement sphérique, l'*oosphère*, qui, après avoir été pénétrée par un anthérozoïde, s'entoure d'une membrane de cellulose et prend le nom d'*oospore*. L'*oospore* germe alors à son tour, le plus souvent dans l'archégone même, la franchit et produit enfin une plante nouvelle d'un développement beaucoup plus considérable que le prothalle, plante qui est la Fougère telle que nous la connaissons. Celle-ci ne portera pas d'organes sexués, mais seulement des réceptacles de formes diverses ou *sporanges* qui contiendront les spores.

Certaines plantes porteront même des spores de deux espèces, tantôt réunies dans le même sporange, tantôt séparées dans des

sporanges distincts, les unes très-petites, les *microspores*, dont le développement ne produit que des prothalles mâles ou à anthéridies, les autres beaucoup plus grosses, les *macrospores,* dont le développement ne donnera naissance qu'à des prothalles femelles ou à archégones. L'oosphère de ces archégones devra donc être fécondée par un anthérozoïde provenant d'un autre prothalle.

Prenons quelques exemples :

Sous l'une des divisions de la fronde des Fougères se trouvent des écailles, en forme d'écusson, recouvrant un certain nombre de petites capsules que nous étudierons bientôt, ce sont les sporanges. Recueillons les grains bruns, microscopiques, que renferme un de ces sporanges, les spores, et mettons-les dans des conditions favorables à leur germination. Cette germination, il faut l'avouer, ne se produira ordinairement qu'au bout d'un temps très-long (1); si l'on place alors sur le porte-objet une des spores germées, on la verra recouverte d'une membrane, l'*exospore*, historiée de fines sculptures, comme l'exine d'un grain de pollen, déchirée le long de deux ou trois de ses arêtes; et, par l'une de ces fentes, on apercevra la membrane interne, l'*endospore*, faisant hernie et produisant, par un développement successif de cellules, une petite expansion tubulaire, puis lamelleuse qui est le prothalle. Cette expansion est dans quelques Fougères (*Osmunda regalis*) précédée d'un tube cloisonné, ou *filament*, rappelant le proembryon des Phanérogames. Quant au prothalle lui-même, il s'épaissit peu à peu par la division horizontale de ses cellules qui constituent bientôt plusieurs couches; il prend la forme d'un cœur ou d'un rein dont l'échancrure est dirigée en avant, les granules de chlorophylle lui donnent une couleur d'un vert gai, et les cellules de la couche inférieure produisent, en plus ou moins grand nombre, des poils radiculaires simples qui adhèrent au sol. D'autres cellules, marginales, pourront même produire soit des poils, soit de nouvelles expansions formant comme des ramifications adventives. Chez les Osmondes même, ces pousses donnent des filaments radicaux et

(1) On trouve dans toutes les serres chaudes où l'on cultive les Fougères des spores germant dans les coins humides, notamment celles de l'*Adianthum tenerum*.

s'affranchissent du prothalle générateur pour former autant de plantules distinctes.

Bientôt, quelques cellules des bords ou de la face inférieure du prothalle vont faire saillie au-dessus de la surface, comme pour donner naissance à un poil; mais chacune de ces cellules proéminentes va se subdiviser en deux autres, placées bout à bout. La cellule inférieure forme un pédicelle à la cellule supérieure qui se cloisonne de nouveau et constitue un organe arrondi, entouré d'une couche cellulaire, et contenant une cellule centrale. Cette dernière se remplit bientôt d'autres cellules contre la paroi interne desquelles on voit se développer de petits filaments enroulés en une spirale qui entoure une mince vésicule. Cet organe. résultant de la transformation d'un poil, et qui représente une petite sphère portée sur un court pédoncule est une *anthéridie*, les cellules qu'il contient sont les *cellules mères des anthérozoïdes* et les filaments enroulés en spirale sont des *anthérozoïdes* (fig. 142).

Pendant ce temps, d'autres cellules du prothalle se sont développées au-dessus de la surface, puis se sont subdivisées horizontalement, chacune en deux nouvelles cellules : c'est un *archégone* en voie de formation. C'est la cellule inférieure qui, cette fois, va devenir la cellule centrale de l'archégone, tandis que la cellule supérieure va se subdiviser à son tour et constituer une sorte de poil composé de quatre files longitudinales de cellules accolées.

Le tissu du prothalle, en se gonflant et en se divisant autour de la cellule centrale, lui forme une gaîne, tandis que cette dernière se divise en deux cellules, l'une inférieure, grande dès le début et qui s'arrondit, c'est l'*oosphère;* l'autre supérieure qui s'insinue entre les quatre rangées formant le tube de l'archégone et les dissocie. Bientôt une production mucilagineuse, provenant de la paroi des cellules, achève de les désunir, et un canal se forme entre elles. L'archégone a donc alors l'aspect d'une bouteille dont la cellule centrale, l'oosphère, forme le ventre, et le tube, maintenant perforé dans toute sa longueur, le col (fig. 143).

Sous l'influence de l'eau, les parois de l'anthéridie se gonflent, puis se rompent au sommet de l'organe, et les cellules mères des anthérozoïdes sont mises en liberté pour donner bientôt issue aux

anthérozoïdes eux-mêmes. Ceux-ci ont la forme d'un filament tourné en tire-bouchon, atténué à la partie antérieure qui porte de nombreux cils vibratiles, tandis que la partie postérieure, renflée, traîne, attachée aux derniers anneaux de la spire, une fine vésicule qui paraît être celle qu'on observait dans la cellule-mère, et dont l'anthérozoïde ne tarde pas à se débarrasser. Nageant dans l'eau ambiante, en tournant sur son axe et en agitant vivement ses cils, il s'introduit, grâce au mucilage qui lubréfie le canal de l'archégone, jusque dans l'oosphère où il pénètre par une tache, dite

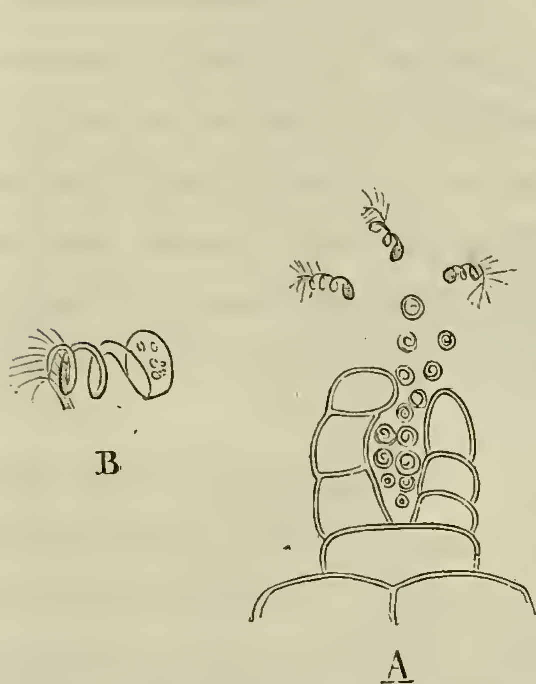


Fig. 142. — Anthéridie de Fougère.

A, anthéridie ouverte laissant échapper les cellules mères des anthérozoïdes et des anthérozoïdes développés. — B, anthérozoïde traînant sa vésicule à son dernier tour de spire (300 diam.).

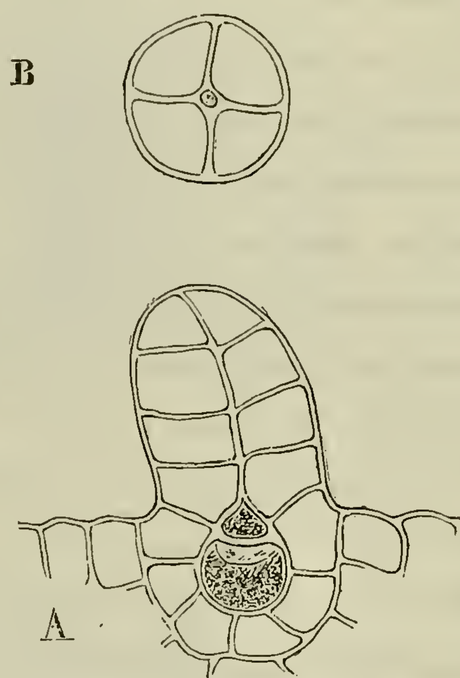


Fig. 143. — Archégone de Fougère.

A, archégone montrant l'oosphère avec la tache réceptrice et la cellule qui s'introduit dans le col. — B, Coupe transversale du col.

tache réceptrice, située devant l'ouverture du col, — et l'oosphère est fécondée (fig. 142 et 143).

Après la fécondation, l'archégone s'oblitère, l'oosphère devenue une oospore s'entoure d'une membrane et commence à se segmenter d'abord en deux cellules, puis en quatre, en huit, etc., c'est l'embryon qui se développe : une des cellules inférieures et postérieures forme sa première racine, une cellule inférieure et antérieure produit sa première feuille et, au-dessus de la base de celle-ci, apparaît le rudiment de la tige ; enfin, la partie supérieure de l'embryon forme un organe transitoire qui fixe cet embryon au

prothalle sur lequel il se développe, après avoir rompu les débris de l'archégone qui se détruisent.

C'est alors seulement qu'apparaît la Fougère proprement dite. Après avoir reçu d'abord sa nourriture du prothalle, elle enfonce sa racine dans le sol, allonge sa tige, qui est souterraine, rampante, grimpante ou dressée, pousse des feuilles de plus en plus grandes, et le prothalle disparaît.

Après quelque temps de végétation, on voit apparaître sous les feuilles de la Fougère, ou sous certaines feuilles seulement, semblables aux autres d'ailleurs, ou sur des feuilles transformées, de petits organes qu'on appelle *sores* et qui sont des amas, diversement groupés, en points, en lignes, en bordures, etc., de capsules ou *sporanges* souvent recouverts par une sorte d'écaille épidermique qu'on appelle *indusie*. Ces sporanges contiennent des spores qui, sans fécondation, germeront, comme nous l'avons vu dans le principe, et donneront naissance, non pas à une *Fougère* semblable, mais au prothalle de cette Fougère.

Le sporange des Fougères présente ordinairement une forme très-élégante et son étude sous le microscope est des plus curieuses. Il provient d'un poil transformé et développé, le plus souvent, par une cellule de l'épiderme d'une nervure. Cette cellule se cloisonne, et de sa division inférieure naît un pédicelle plus ou moins long qui finit ordinairement par acquérir trois séries de cellules ; la cellule-mère de la capsule se divise elle-même en quatre cellules pariétales et une cellule centrale tétraédrique. Celle-ci produit encore une seconde couche de cellules pariétales aplaties qui se multiplient elles-mêmes, ainsi que les premières, parallèlement à la surface. La cellule centrale, par des bipartitions successives, forme les cellules *mères des spores* qui se développent quatre par quatre comme les grains de pollen. Quand ces spores sont constituées, les cellules mères disparaissent et les spores deviennent libres dans la cavité du sporange, dont la couche pariétale interne se résorbe. Pendant ce temps une zone de cellules pariétales de la couche externe, placée souvent comme un méridien sur la capsule, se subdivise, s'épaissit et fait saillie, comme une colonne vertébrale, sur le dos de cette capsule. C'est ce qu'on appelle l'*anneau*. La substance qui

compose cet anneau est très-élastique. Lorsque les spores sont mûres, que les parois du sporange sont très-amincies, l'anneau se redresse, déchire la membrane pariétale et dissémine les spores. Si l'air devient très-humide, l'anneau se ramollit, se referme et les débris des parois protégent les spores qui ne sont pas sorties. On peut assister, sur le porte-objet du microscope, aux mouvements

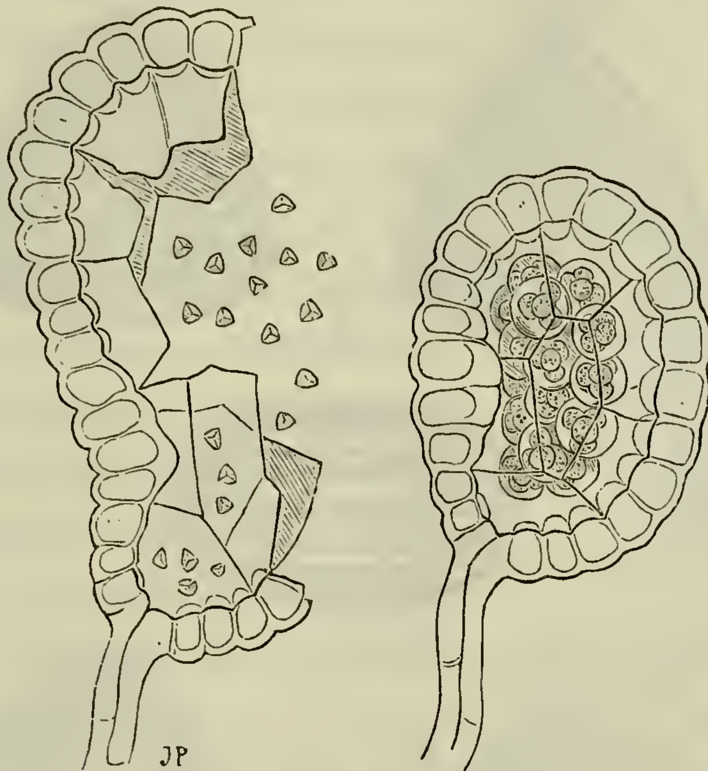


Fig. 144. — Sporanges de Fougère.

Sporange fermé, avant la maturité, contenant les cellules mères des spores dont chacune renferme quatre spores empilées; — sporange mûr, ouvert, émettant les spores tétraédriques.

successifs de renversement, en avant et en arrière, de l'anneau des sporanges qui semble un ver se tordant dans un liquide corrosif (fig. 144).

L'anneau est quelquefois placé obliquement ou transversalement sur la capsule. Les sporanges eux-même sont, nous l'avons dit, très-diversement groupés sur les feuilles, et la disposition de ces sores sert de caractères pour la classification, ainsi que la forme, la nature, ou même l'absence de l'indusie. Les sores contiennent presque toujours, à côté des sporanges, qui sont pédiculés ou sessiles, des poils articulés qu'on nomme *paraphyses*.

Les spores, qui ont souvent une forme triangulaire arrondie, sont composées de deux membranes, l'exospore et l'endospore, et contiennent de la chlorophylle. Leur aspect est des plus variés et

présente quelquefois les plus délicats dessins qui dépassent en élégance ceux qui ornent l'exine des grains de pollen (fig. 145).

Pour terminer, en quelques mots, ce que nous avons à dire de cette élégante famille des Fougères, nous rappellerons qu'elles sont munies d'une tige bien constituée, quelquefois arborescente, et de racines véritables ; que leurs faisceaux vasculaires contiennent des

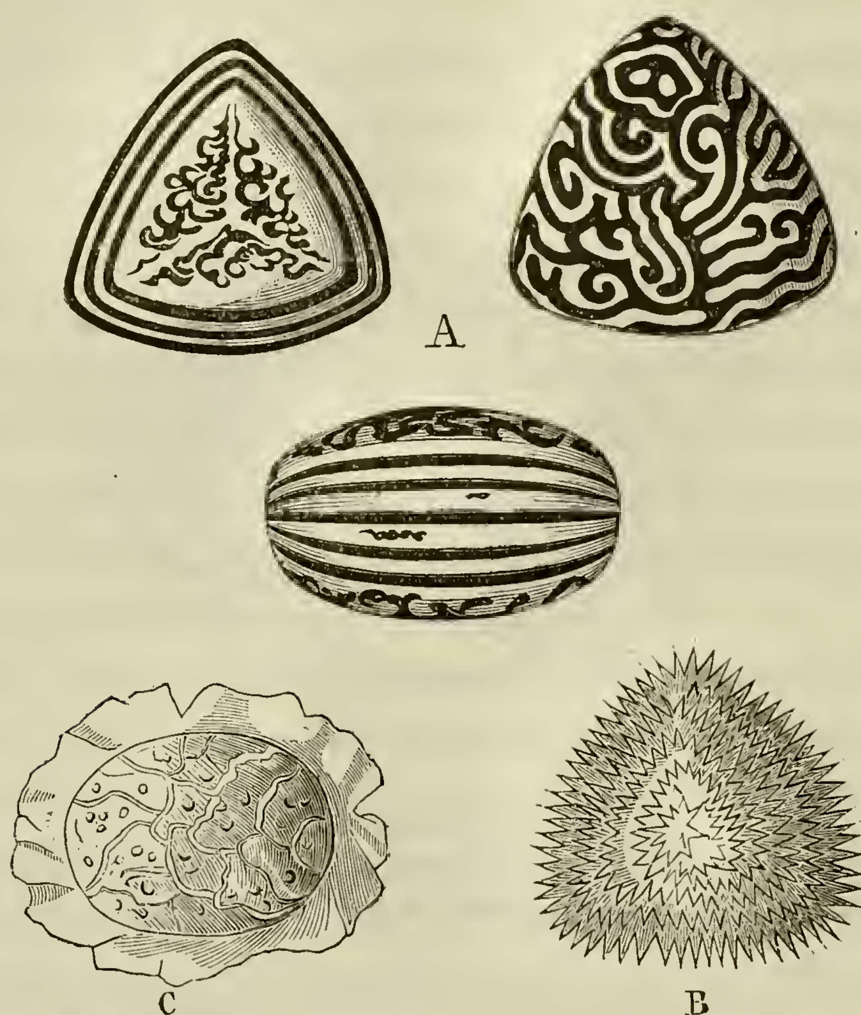


Fig. 145. — Spores de Fougères.

A. *Gymnogramma calomelanos*, diam. : 0^{mm},0574. — B. *Allosurus*, diam. : 0^{mm},0340. — C. *Aspidium*, gr. diam. : 0^{mm},0635 (objectif 1/8 Pow. et L.; ou imm., n. 1, Zeiss).

vaisseaux scalariformes et spiralés ; qu'ils sont inclus dans des gaînes de sclérenchyme brun dont la section présente les aspects les plus variés, d'aigle à deux têtes, de chien couché en rond, etc. (fig. 112) ; que l'épiderme, à cellules variées comme la plus charmante dentelle, qui revêt leurs feuilles porte des stomates énormes, parfois aussi grands que les cellules elles-mêmes, et des ponctuations de chlorophylle isolées ou groupées (fig. 101). Ajoutons que, sous cette couche épidermique, on trouve un tissu formant un réseau à larges mailles, coloré en vert ; que sur la tige, notamment à la base des

feuilles, on trouve des poils en écailles et en paillettes. Le mode de végétation de ces plantes est d'ailleurs fort intéressant à étudier ; la disposition des feuilles sur la tige où elles laissent des cicatrices en spirale régulière, la naissance des racines qui, partant de la base des pétioles et descendant le long de la tige arborescente lui forment une épaisse gaine feutrée ; la distribution des vaisseaux de la tige dans le pétiole, puis dans les folioles ; l'arrangement de ces folioles alternes de chaque côté du pétiole, la croissance de toutes ces parties (dont l'extrémité apparaît toujours roulée en crosse, les pétioles sur la tige, les folioles sur les pétioles) sont de très-intéressants sujets d'observation (fig. 146).



Fig. 146. — Bourgeon de Fougère.

On remarque la tendance qu'ont ces plantes à se colorer en brun dans certaines de leurs parties.

II. — Les Equisétacées.

La petite famille des *Equisétacées* ou des *Prêles* présente, dans tout ce qui a rapport à la reproduction, une série de phénomènes très-analogues à ceux que nous avons décrits chez les Fougères. La spore provenant de la Prêle asexuée germe très-vite et produit un prothalle rubané, mais remarquable en ceci qu'il est dioïque et ne produit que des anthéridies ou que des archégones. Sauf de petites différences de forme que l'on reconnaît très-facilement sous le microscope, ces organes sont semblables à ceux des Fougères, mais les anthérozoïdes sont très-volumineux, composés d'un filament épais, enroulés en deux ou trois tours de spire, très-épaissis à la partie postérieure qui retient momentanément une vésicule assez

volumineuse, atténués au contraire à la partie antérieure qui est munie de nombreux cils vibratiles (fig. 147). L'embryon se développe dans l'archégone, après la fécondation de l'oosphère, par la segmentation de l'oospore, et produit une jeune Prêle. Celle-ci s'affranchit bientôt du prothalle et donne plus tard des spores.

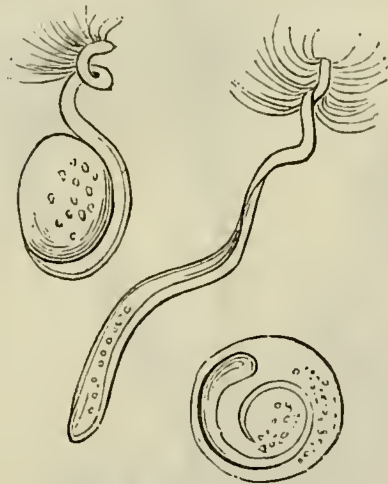


Fig. 147. — Anthérozoïdes d'*Equisetum*.

L'un traîne encore sa vésicule, l'autre en est débarrassé. — Cellule mère (Obj. 12 H. et Pr.).

Les sporanges naissent ordinairement sur des rameaux particuliers. Les feuilles de ces rameaux se métamorphosent en verticilles d'écailles ou d'*écussons* portés sur un pédicelle central, et sous ces écailles sont situés les sporanges, en forme de capsule allongée, qui s'ouvrent par une fente longitudinale sur la face regardant le pédicelle. Les spores ont ce caractère particulier qu'elles s'enveloppent, dans les cellules mères, de trois membranes dont la plus externe, celluleuse, se déchire plus tard régulièrement en quatre petites bandes qui restent attachées en un point commun de la spore et se détendent, comme quatre ressorts, pour projeter la spore, et

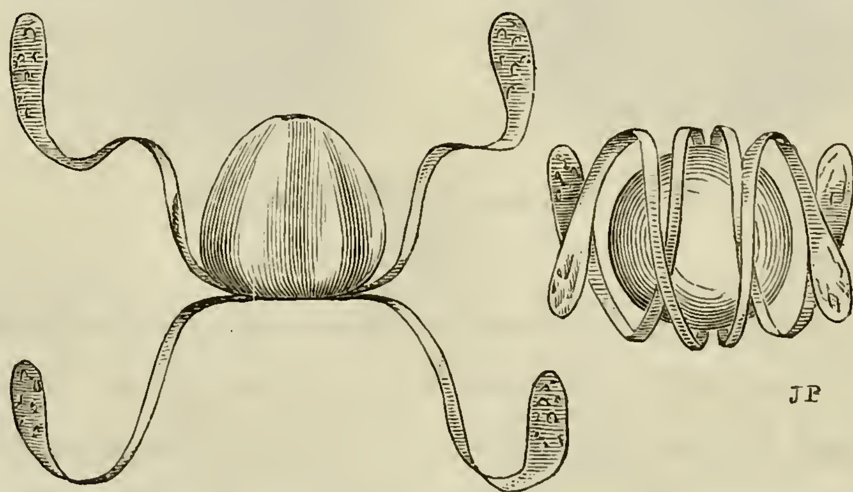


Fig. 148. — Spores d'*Equisetum*.

faciliter la dissémination. On peut déterminer, pour ainsi dire, indéfiniment le mouvement de ces bandes ou *élatères* en les soumettant alternativement à l'air humide et à l'air sec, par exemple, en projetant l'haleine sur les spores. On voit aussitôt tous ces petits grains se couvrir de leurs élatères qui les embrassent en formant une double croix et qui peu à peu se rouvrent par un mouvement

brusque. Rien de plus curieux que le tableau de cette masse de corpuscules turbulents qu'un souffle suffit à mettre pour longtemps en émoi.

Quant aux Prêles elles-mêmes, nous avons décrit leur tige, creuse le plus souvent et cannelée, nous avons indiqué la disposition des faisceaux vasculaires, on pourra la suivre facilement dans les gaînes foliaires dentées et dans les entre-nœuds inférieurs dans lesquels ils se prolongent. Cet arrangement, d'une régularité admirable fait l'objet d'une étude intéressante, mais un détail particulièrement remarquable est fourni par l'épiderme fortement incrusté de silice, à ce point que la plante laisse, par l'incinération, un véritable squelette minéral. Ce dépôt de silice, en particules excessivement fines, est diversement distribué, et siége principalement dans les cellules des stomates qui sont rangés en deux lignes parallèles dans le sillon des cannelures. Cet épiderme, en raison de sa structure, donne des effets remarquables quand on l'examine dans la lumière polarisée (fig. 113).

Les Équisétacées ont une tige souterraine ou rhizome ; le mode de développement de leurs rameaux par bourgeons endogènes est fort remarquable.

III. — Les Rhizocarpées.

Les *Rhizocarpées*, autre petite famille composée de trois ou quatre genres, présentent cette particularité très-remarquable qu'elles ne sont plus *isosporées*, c'est-à-dire que toutes leurs spores ne sont pas semblables, les unes fort petites. les *microspores*, sont des spores mâles ne produisant que des prothalles à anthéridies ; les autres, beaucoup plus grosses, les *macrospores* ne produisent que des prothalles à archégones, c'est-à-dire femelles.

Ces prothalles sont, d'ailleurs, excessivement petits, parfois rudimentaires et même, pour ainsi dire, *théoriques,* surtout les prothalles mâles.

Le prothalle mâle se développe, en effet, dans l'intérieur de la microspore et dans la cavité même du microsporange. Chaque mi-

crospore, en germant, émet un tube qui traverse la paroi mucilagineuse du microsporange, dans le genre *Salvinia*. Ce tube n'a d'abord que deux cellules, la première, basilaire, représente tout le prothalle mâle et la seconde, qui se subdivise ultérieurement en deux cellules et chacune de celles-ci en quatre autres, représente l'anthéridie. Les huit anthérozoïdes se forment dans ces huit cellules qui se rompent pour leur donner issue. Dans les *Marsilia* et les *Pilularia*, la microspore n'émet pas de tube figurant un prothalle : une masse de protoplasma se cantonne dans son intérieur, s'y enveloppe d'une mince membrane et se subdivise en 2, 4, 8 et 32 cellules dont chacune produit un anthérozoïde. Cette masse cellulaire représente l'anthéridie, et la zone chlorophyllée et amylacée qui la sépare de l'endospore enveloppante, est tout le prothalle, prothalle théorique, comme nous le disions.

Le prothalle femelle issu des macrospores est un peu plus développé. La macrospore se développe aussi dans sa capsule, ou macrosporange. Sa partie supérieure présente une papille dans laquelle s'accumule du protoplasma qui se cloisonne bientôt en cellules. Cette masse recouverte en haut par les enveloppes molles du sommet de la spore, séparée de la cavité même de cette spore par une lame de cellulose tendue comme un diaphragme, est le prothalle femelle. Bientôt celui-ci rompt la papille et proémine plus ou moins sous les enveloppes mucilagineuses externes de la spore. Là s'arrête son développement chez les *Marsilia* et les *Pilularia;* mais chez les *Salvinia* il va un peu plus loin et prend la forme d'une petite expansion triangulaire, recourbée en selle, et vivement colorée en vert, qui franchit ultérieurement les enveloppes externes de la spore et s'accroît sur les côtés de celles-ci.

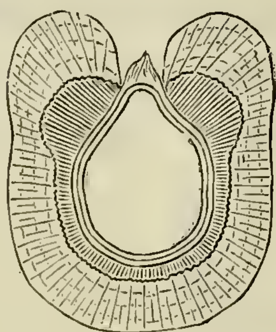


Fig. 149. — Macrospore de *Pilularia*.

C'est sur le dos de cette sorte de selle que se développent, dans le *Salvinia*, de un à trois archégones ou jusqu'à sept, si la fécondation n'a pas lieu. Dans les deux autres genres, le prothalle étant caché sous les enveloppes extérieures de la spore, un seul archégone se forme au sommet de la production prothalliforme rudimentaire. Les

enveloppes mucilagineuses de la spore se rompent, en face de l'archégone, et prolongent ainsi le canal du col. C'est par ce canal que s'introduisent les anthérozoïdes, filaments spiralés à 10 ou 15 tours de spire chez les *Marsilia*, à deux ou trois chez les *Salvinia*, et munis d'une vésicule qu'ils abandonnent avant de pénétrer dans les archégones.

Ces archégones sont, en général, courts et construits sur le même plan que ceux des Fougères et des Equisétacées. L'oospore fécondée s'y développe et l'embryon se fait jour à l'extérieur, restant quelque temps fixé au prothalle par un *pied*, jusqu'à ce qu'il ait émis des racines qui lui permettent de s'affranchir, ou lorsqu'il est assez développé pour vivre par lui-même, comme le *Salvinia natans* qui flotte sur l'eau, émet des feuilles submergées et des feuilles aériennes, mais jamais de racines.

Ces plantes ont, d'ailleurs, dans leur mode de végétation ultérieure une grande analogie avec les Fougères. Leur tige, rampante ou souterraine, émet des feuilles enroulées en crosse qui, chez les *Pilularia*, sont réduites au pétiole. Elles ont, comme les Fougères, de la tendance à se colorer en brun. Leurs racines ont aussi la même structure que celles des Fougères.

Quant aux sporanges, ils se forment dans des conceptacles ou *fruits*, arrondis, pédicellés ou presque sessiles, provenant de feuilles transformées (1), et naissant à la face inférieure ou externe des pétioles ou à leur base même, sur le rhizome. Ces fruits sont simples ou multiples, uniloculaires (*Salvinia*) ou composés de deux, trois ou quatre loges parallèles à l'axe (*Pilularia*) ou de deux séries parallèles de loges (*Marsilia*).

Ces loges contiennent un placenta en forme de cordon, comparable à un sore de Fougère, qui porte en certaines parties des microsporanges et, en d'autres, des macrosporanges. Dans le *Salvinia*, chaque fruit ne renferme que des microsporanges ou que des macrosporanges. Ces sporanges ont, d'ailleurs, une forme analogue à celle des sporanges de Fougères, et le développement des cellules mères est le même dans les uns et les autres. Mais s'il

(1) Dans le *Salvinia*, les fruits naissent de la transformation des feuilles submergées. Chaque verticille porte, en effet, une feuille aérienne et une feuille submergée.

s'agit de microspores, toutes les cellules mères se subdivisent et se forment en quatre petites spores mâles tétraédriques. S'il s'agit, au contraire, de macrospores, trois des spores avortent tandis qu'une seule prend un développement considérable auquel correspond la capsule qui les contient.

Ces macrospores ont une structure très-curieuse (fig. 149). Elles sont composées de quatre enveloppes : la plus intérieure est épaisse, dure et brune ; la seconde, mince et transparente, forme une protubérance au sommet de la spore et se recouvre bientôt d'une autre couche épaisse, composée d'éléments prismatiques, plantés perpendiculairement à la surface de la seconde membrane. Elle s'arrondit et s'épaissit autour de la proéminence de cette dernière qui la traverse en faisant une petite hernie. Une quatrième couche mucilagineuse est formée d'éléments prismatiques, mais néanmoins composée de plusieurs enveloppes concentriques. Elle s'arrondit aussi autour de la verrue formée par la seconde membrane, verrue qui se trouve ainsi au fond d'une sorte d'ombilic. Cette verrue se dessèche et se ride, forme un bec sous lequel la membrane interne proémine et produit la papille où se formera le prothalle (*Pilularia globulifera*) (voir page 444).

Le fruit fermé du Salvinia ne s'ouvre pas, c'est par la putréfaction de son enveloppe que les sporanges sont mis en liberté. Les spores, grandes et petites, germent, comme nous l'avons vu, dans les sporanges mêmes ; mais, dans les *Marsilia* et les *Pilularia*, le fruit, à coque très-dure sous l'épiderme, est déhiscent par un procédé qui rappelle celui que nous avons expliqué à propos des Fougères. Un cordon mucilagineux, en rapport avec le placenta, parcourt l'intérieur du fruit. Quand l'eau a pénétré dans la coque, le cordon se gonfle, se détend, brise le fruit et s'allonge en un long ruban portant, comme autant de folioles, toutes les logettes contenant les sores ; les logettes se ramollissent bientôt et s'ouvrent ; l'enveloppe mucilagineuse des spores se gonfle aussi, augmente de volume et fait éclater les sporanges. Ce phénomène, des plus curieux, se produit en moins d'un quart d'heure.

IV. — Les Lycopodiacées.

Nous aurions encore à répéter les détails que nous venons de donner, en grande partie du moins, à propos des *Lycopodiacées* qui ferment le groupe des Cryptogames vasculaires et confinent aux Phanérogames gymnospermes, Conifères, Cycadées, Gnétacées. Quelques genres de cette famille, les Sélaginellées, se reproduisent par des microspores et des macrospores, tandis que dans les Lycopodiacées proprement dites on n'a encore trouvé qu'une seule espèce de spores qui paraissent correspondre aux microspores.

Les prothalles mâle et femelle des premières sont tout à fait rudimentaires, ainsi que l'unique anthéridie et l'archégone, le plus souvent unique aussi. Les anthérozoïdes sont des filaments spiralés longs et fins, munis, chez les *Isoetes*, de nombreux cils vibratiles aux deux bouts, et de deux cils seulement à la partie antérieure, chez les *Selaginella*. Mais le développement du prothalle femelle, dans ces deux genres, s'accompagne de la production, dans la cavité de la spore en germination, d'un tissu cellulaire analogue à l'endosperme qui se forme dans le sac embryonnaire des Conifères. On lui donne, d'ailleurs, le même nom. Le prothalle des Lycopodiées vraies n'a été étudié que dans le *Lycopodium inundatum* (de Bary), et encore n'a-t-il été suivi que dans la première phase de son existence. Ce prothalle est monoïque, et porte des archégones et des anthéridies.

Le développement de l'oospore dans l'archégone est peu connu, excepté dans les *Isoetes* et les *Selaginella*. Dans ces derniers, notamment, M. Pfeffer a constaté que cette oospore, avant de donner naissance à l'embryon, forme un prolongement tubulaire, ou proembryon, qui refoule l'embryon dans l'endosperme où il se développe comme chez les Phanérogames.

Les plantes de cette famille, ont une forme très-élégante; en général de petite taille, elles ont une tige faible, souvent rampante, qui s'allonge en se bifurquant toujours, ainsi que les racines, les seules connues qui procèdent par dichotomie. Les tiges sont couvertes de petites feuilles simples et prennent un accroissement con-

sidérable, grâce à des racines adventives qui s'enfoncent dans le sol. Plusieurs forment ainsi de très-élégants gazons. On emploie divers *Lycopodium* ou *Selaginella* pour faire des pelouses et des bordures de verdure dans les serrres. Les *Isoetes*, au contraire, n'ont qu'une tige très-courte et non ramifiée, qui porte des rosettes de feuilles allongées. Chaque année, ils produisent une rosette de feuilles fertiles, c'est-à-dire portant des microsporanges sur les feuilles intérieures, et des macrosporanges sur les feuilles extérieures. Les uns et les autres renferment un grand nombre de spores réparties dans des logettes incomplètes par des fausses cloisons. Ils ne s'ouvrent que par la destruction de leurs parois. Dans les *Selaginella*, les sporanges sont des capsules brièvement pédicellées insérées, à la base des feuilles, sur les rameaux fertiles, et composant des épis qui, souvent, ne portent qu'un seul macrosporange, par en bas. Les macrospores y sont ordinairement au nombre de quatre, quelquefois de deux ou de huit, au plus. Ces capsules sont, d'ailleurs, uniloculaires comme celles des Lycopodes.

Résumé.

Si l'on résume en un tableau général les détails que nous venons de donner sur ces très-intéressantes plantes, les Cryptogames vasculaires, on voit qu'en partant des Fougères pour remonter aux Lycopodiacées on se rapproche de plus en plus des Phanérogames, en passant par les Gymnospermes, pour arriver aux Angiospermes ou Phanérogames supérieurs.

Les phénomènes de la reproduction, d'abord nettement divisés en deux périodes, celle qui produit le prothalle et celle qui produit la plante définitive, se resserrent, pour ainsi dire, et les deux phases se rapprochent de plus en plus, le prothalle devient de moins en moins important, rudimentaire, disparaît même et l'on retrouve un mode de reproduction absolument comparable à celui des Phanérogames.

Ainsi, le nucelle des Phanérogames est un macrosporange qui ne produit qu'une seule macrospore, le sac embryonnaire; celui-ci germe sur place et donne naissance, chez les Gymnospermes, à

un prothalle femelle inclus, l'endosperme (1) qui produit plusieurs archégones (les *corpuscules*) et, chez les Angiospermes, quelquefois un tissu composé des cellules antipodes, et toujours une grande cellule mère. Si les cellules antipodes manquent, le prothalle femelle se réduit à cette grande cellule qui compose ainsi, à la fois, tout le prothalle et son unique archégone, comme celui des Marsiliacées. Cette cellule mère produit l'oosphère, ou vésicule ambryonnaire, qui s'organise en oospore après la fécondation, puis se segmente et forme le proembryon (que nous retrouvons dans les Sélaginelles) et l'embryon.

Chez les Gymnospermes, l'embryon se développe comme chez les Fougères, les Prêles, et aux dépens du prothalle femelle représenté par ce qu'on appelle chez eux l'endosperme ; ces plantes font donc bien la transition entre les Cryptogames vasculaires et les Angiospermes.

D'autre part, le grain de pollen est une microspore qui, chez les Conifères, Cycadées, etc., forme un prothalle mâle composé d'une cellule, car le pollen de ces plantes est composé de deux cellules, dont l'une émet le tube pollinique qui est l'anthéridie, à laquelle se réduit tout le prothalle mâle chez les Angiospermes.

Ajoutons, pour compléter cette assimilation des Cryptogames qui nous occupent avec les Gymnospermes, que toutes ces plantes, aux formes généralement régulières, aux fleurs réduites à leur plus simple expression, aux organes moins nombreux et dont la structure générale est, en somme, plus simple, font partie de la même formation géologique, antérieure à celle qui a vu naître les Phanérogames supérieurs. Les unes et les autres ont joué dans la végétation de l'ancien monde un rôle considérable et ne différaient de leurs congénères actuels que par leur développement prodigieux et leurs proportions grandioses. Fougères énormes, Prêles et Lycopodes gigantesques se retrouvent, avec tous leurs caractères botaniques, mêlés à des Cycadées et à des Conifères colossales dans les

(1) L'endosperme des Gymnospermes se forme dans le nucelle avant la fécondation ; il n'est donc pas l'analogue de l'endosperme des Angiospermes qui ne se forme qu'ultérieurement. Ce premier endosperme se résorbe après la fécondation et est remplacé par un nouveau tissu cellulaire, l'*albumen*, qui correspond, cette fois, à l'endosperme des Angiospermes.

forêts antidiluviennes, débris des anciens âges, et les coupes pratiquées dans leurs restes fossiles, taillées et polies par le lapidaire, permettent encore d'étudier sous le microscope tous les admirables détails de leur structure.

Préparation. — Nous avons décrit les procédés à employer pour étudier la tige, les racines, les feuilles, les poils, les stomates, l'épiderme des Fougères et des autres Cryptogames vasculaires. Nous n'avons donc à nous occuper que des organes de reproduction. L'étude microscopique de ces plantes est, d'ailleurs, pleine d'attrait ; les préparations, qu'on peut varier de mille manières, sont toutes faciles, sauf celles qui ont rapport à la morphologie, lesquelles sont toujours délicates et exigent une grande habitude dans la pratique des coupes et dans l'art d'observer, en même temps qu'une extrême patience.

La seule étude des mille formes de spores, chez les Fougères surtout, et dans les familles voisines, peut occuper le micrographe pendant de longs jours. On recueillera les spores sur les plantes en fructification, et l'on commencera par enlever les sores avec l'indusie et les sporanges, sous les frondes des Fougères, *Aspidium*, *Nephrodium, Nephrolepis*, *Adianthum*, *Pycnopteris*, *Pteris*, *Onychium*, etc., pour les examiner dans leur ensemble, avec un faible grossissement sur champ noir, après les avoir retournés les spores en l'air. On verra alors toutes ces petites corbeilles pleines d'élégants sporanges, les unes ouvertes, les autres fermées, et çà et là des spores aux mille sculptures, disséminées. Avec un grossissement plus considérable (Obj. 2 ou 3 N. ou 4 et 5 H. ; D. Zeiss), en plaçant ces organes dans l'eau ou la glycérine et les comprimant un peu entre les deux verres, on pourra encore les voir dans leur ensemble, étudier les différentes formes de l'anneau, assister même à la déhiscence du sporange. Puis, on fera des coupes minces transversales sur des parties encore jeunes et non desséchées, à travers la feuille, la masse des sporanges et l'indusie dont on étudiera l'insertion, on examinera les paraphyses, la disposition des organes. Avec des grossissements plus considérables encore (Obj. 5 N. ; 7 et 9 H. ; E Zeiss ; 1/8 de p. Swift), on reconnaîtra les détails

d'ornementation de l'exospore, les dessins, pointes, écailles, etc. Enfin, on pourra faire des coupes à travers les spores elles-mêmes par le procédé décrit pour les grains de pollen (voir page 129).

Les mêmes préparations pourront se faire avec les spores de Prêles (*Equisetum limosum*, *hyemale*, *Telmateja*, *palustre*, etc.), celles des *Salvinia natans*, *Marsilea quadrifoliata*, *Pilularia globulifera*, espèces plus difficiles à trouver; des *Selaginella denticulata*, *furcata*, *lepidophylla*, du *Lycopodium inundatum* (qu'on trouve dans le commerce sous le nom de poudre de Lycopode); de l'*Isoetes lacustris*, etc. Dans plusieurs de ces plantes, les Rhizocarpées entre autres, il faudra ouvrir le fruit. On examinera les élatères, surtout celles, si curieuses, des Équisetum. On comparera les microspores et les microsporanges aux grandes spores et aux macrosporanges. On fera des coupes à travers tous ces organes et, principalement, dans les macrospores de *Pilularia*, pour étudier les enveloppes à éléments prismatiques et concentriques.

Enfin, on déterminera la germination de ces spores. Celles de l'*Osmunda regalis*, de l'*Aneimia fraxinifolia*, de l'*Aspidium trifoliatum*, etc., germent rapidement, ainsi que celles des Prêles. On peut produire cette germination sur une lame de verre mouillée en y répandant les spores. On retourne cette lame sur une autre, en interposant un cadre de carton imbibé d'eau, de manière que les spores soient incluses dans le cadre. Ce petit appareil sera placé sur un support bas, au milieu d'une soucoupe pleine d'eau, et recouvert d'une cloche de verre. On aura soin de renouveler l'eau de la soucoupe et d'imbiber tous les jours le carton avec un pinceau mouillé. On pourra ainsi, chaque jour, retourner la lame de verre qui porte les spores et l'examiner, à découvert, sous un objectif faible et sur un champ noir, ou même par transparence, pour reconnaître celles qui germent, en émettant une sorte de boyau pollinique.

Sous la loupe ou le microscope simple, on pourra *cueillir*, avec la pointe d'un pinceau doux, les spores qui germent, et les porter dans de petits godets, remplis de terre de bruyère tourbeuse, placés sous une cloche avec une soucoupe pleine d'eau, pour leur faire développer leur prothalle.

On trouvera souvent des prothalles de Fougères sur les murs

humides des serres où l'on cultive les *Adianthum*, les *Aspidium* et autres. Mais pour les Équisétacées, Rhizocarpées, Lycopodiacées, il faudra presque toujours obtenir les prothalles par germination sous cloche, car on les rencontre rarement dans la nature.

Sur ces prothalles, par des coupes convenablement faites, on étudiera les archégones et les anthéridies ; les différentes phases de leur développement cellulaire sont difficiles à suivre, mais si l'on peut se procurer des exemplaires un peu nombreux, en multipliant les coupes à travers les organes de reproduction, on tombera souvent, par hasard, à temps pour voir les anthérozoïdes (grossissement de 5 à 700 diamètres, Obj. 7 N. ; 9 et 10 Hartnack ; 1/12 Swift ; 1/12 Powell ; 1/10 Beck ; F. Zeiss). Quelques-uns de ceux-ci ne sont doués de mobilité que pendant 5 ou 6 minutes. Si l'on rencontre quelques-uns de ces filaments animés en dehors des anthéridies, on en trouvera presque certainement dans les archégones voisins, si le prothalle est monoïque.

La segmentation de l'oospore et le développement de l'embryon s'étudieront sous des grossissements de 3 à 500 diamètres, comme sur les Phanérogames.

CHAPITRE X.

LES MUSCINÉES.

I. — Les Mousses.

Quand on remonte des Fougères aux Lycopodiacées, on voit diminuer l'importance de la végétation issue de la spore, le prothalle, tandis qu'augmente celle de la plante issue de l'oospore, la seule pour ainsi dire, qu'on observe complétement développée dans les Phanérogames, où le prothalle disparaît ou se réduit théoriquement à une anthéridie et à un archégone. Si l'on descend, au contraire, l'échelle végétale, des Fougères aux Mousses, aux Hépatiques, aux Characées, aux Champignons et enfin aux Algues, on trouve que la végétation issue de l'oospore se réduit à son tour de plus en plus et

se résume dans un sporange, tandis que le prothalle issu de la spore prend un accroissement de plus en plus considérable et constitue à peu près la plante tout entière, telle que nous la connaissons.

La spore de Mousse, en germant, produit un thalle filamenteux confervoïde, ramifié, qui s'accroît indéfiniment, par division cellulaire, et qu'on appelle particulièrement *protonema*. Cette végétation acquiert un grand développement, une partie des filaments prennent une couleur brune au contact du sol dans lequel ils s'enfoncent, même, devenant ainsi des poils ou filaments radiculaires ou *rhizoïdes*, tandis que les autres verdissent. Tous ces filaments ont la propriété remarquable de pouvoir produire de petits amas cellulaires qui s'organisent en bourgeons, ou *propagules*, d'où naissent les petites plantes feuillées que l'on désigne ordinairement sous le nom de *Mousses*, lesquelles ne sont, comme on le voit, qu'une des formes végétatives de ces plantes.

Le *protonema* se détruit en arrière pendant qu'il s'accroît en avant et sur les côtés, et que les bourgeons émettent des poils radiculaires. Les poils radiculaires eux-mêmes peuvent produire des bourgeons foliacés, et même reproduire des protonemas qui s'affranchissent les uns des autres en même temps que les plantules.

Ce mode de propagation, très-actif, explique comment les Mousses s'étendent rapidement et couvrent de leur gazon de très-vastes surfaces, avant même qu'aucune des petites plantes feuillées ait émis ses fructifications.

Tout le monde connaît ces jolies plantes, dont quelques-unes n'ont que quelques millimètres de hauteur, et d'autres jusqu'à 30 centimètres. Elles ont une tige, et, dans les types supérieurs, on remarque, au centre, un groupe de cellules allongées qui passent dans les feuilles où elles constituent une nervure médiane ; c'est la dernière apparence de vascularisation que nous constaterons. Les couches cellulaires externes sont épaissies, colorées en brun ou en rouge, et la dernière forme un épiderme. Les feuilles sont entières, sessiles, et composées d'une ou de deux couches de cellules abondamment pourvues de grains de chlorophylle dans lesquels on a constaté divers mouvements. Quelquefois, elles portent des poils ou des excroissances diverses.

Outre le mode de propagation par bourgeons du protonema, les Mousses ont encore la faculté de se reproduire par *propagules*, c'est-à-dire par des bourgeons qui se développent au sommet des axes feuillés, tombent, produisent un protonema nouveau et forment une plante indépendante. Les feuilles, même, de certaines espèces peuvent produire de nouveaux protonemas, par l'allongement et la subdivision de certaines de leurs cellules.

Souvent, les tiges se ramifient, et c'est à l'extrémité des axes ou des rameaux que paraissent les organes sexués, anthéridies et archégones. Ces organes sont ordinairement réunis en grand nombre et mêlés à des filaments cellulaires ou *paraphyses*, au sommet d'un axe, formant ainsi des espèces de fleurs. Ces fleurs peuvent ne renfermer que des anthéridies ou que des archégones, ou bien contenir à la fois les organes des deux sexes. Elles sont enveloppées, à la base, par une rosette de feuilles atténuées qu'on appelle *périchèze* chez les fleurs femelles ou bisexuées, *périgone* sur les fleurs mâles, et qui représente, en somme, un périanthe.

Les anthéridies sont des sacs pédicellés, formés d'une seule couche de cellules chlorophyllées qui deviennent brunes ou rouges à la maturité. Ordinairement allongées, elles s'ouvrent par une fente, au sommet, et donnent passage aux cellules mères des anthérozoïdes qui forment un mucilage. Celles-ci se rompent bientôt et mettent en liberté des anthérozoïdes filamenteux, spiralés, renflés à la partie postérieure, atténués en avant et munis de deux longs cils vibratiles. Les paraphyses des fleurs mâles sont ordinairement dilatées en spatule à leur extrémité.

Les archégones ont la forme que nous avons déjà décrite ailleurs, un renflement cellulaire au centre duquel est la cellule mère, l'oosphère, et terminé par un col assez long dont les cellules sont disjointes, d'abord, par une cellule produite par division de la cellule mère et qui s'insinue à la base du col, pour y ouvrir le canal. Celui-ci est continué par la production d'un mucilage intercellulaire qui dissocie les cellules. La fécondation se produit comme dans les cryptogames vasculaires, mais le développement de l'oospore ainsi formé est tout différent (fig. 150).

Au lieu de produire une plante entière, comme était la Fougère

ou la Prèle (naissant sur le prothalle, après la fécondation de l'oosphère dans l'archégone qui se détruit bientôt avec le prothalle), l'oosphère de la Mousse ne va produire qu'un filament cellulaire, quelquefois très-court, qui s'implantera sur l'axe de la plante, au fond de l'archégone qui persiste. Ce filament est toute la partie végétative de cette seconde génération, et il porte un sporange qui se développe ainsi dans l'archégone. Celui-ci s'accroît en même temps

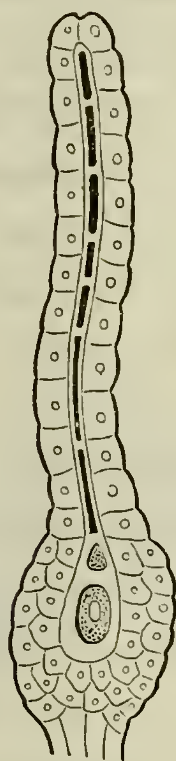


Fig. 150. — Archégone du *Funaria hygrometrica.*



Fig. 151. — Deux pieds de *Funaria hygrometrica.* L'un, dont les spores ne sont pas encore mûres, a son urne ou sporange couverte par la coiffe, débris de l'archégone.

que grossit le sporange, son col s'oblitère, et il forme une *coiffe* à la capsule sporifère qui, par l'allongement de son pédicelle, le déchire autour de sa base et l'emporte avec lui, toujours coiffant son sommet (fig. 151).

C'est ce sporange couvert de sa coiffe qu'on appelle *capsule* ou *urne* des Mousses, en raison de la forme qu'il affecte le plus souvent. On l'a pris pendant longtemps pour le fruit ou la fructification de la plante feuillée qui le supporte, sur laquelle il est implanté et aux dépens de laquelle il vit, mais il en constitue, en réalité, la seconde génération, génération asexuée, portant elle-même son organe de reproduction, son sporange. Cette Mousse, ainsi consti-

tuée, nous présente donc à la fois trois générations sous quatre formes végétatives : 1° le protonema, forme filamenteuse, avec 2° ses axes feuillés, forme foliacée, qui constituent la première génération sexuée, issue de la spore ; 3° la plantule incluse dans l'archégone, issue de l'oospore et que Sachs appelle *sporogone*, constituant la seconde génération, asexuée ; 4° le sporange, contenant les spores qui renferment la troisième génération, le futur protonema.

Le développement de ce sporogone, développement qui est parfois très-long, de 1 à 10 mois, est très-intéressant à suivre avec le microscope sur des plantes à différents âges. On voit ainsi, sur certaines Mousses, son pédicelle s'allonger considérablement au-dessus du périchèze, qui lui forme à la base un engaînement de feuilles, et comme les restes de l'archégone déchiré, la coiffe, ont été emportés au sommet de l'urne, on a ainsi, en réalité, une petite plante complète vivant comme en parasite sur le rameau de Mousse qui l'a produite.

La forme de la capsule est très-variée, cylindrique, sphérique, ovoïde, etc. Sa couche externe représente nettement un épiderme souvent muni de stomates. A l'intérieur, les cellules mères des spores se divisent chacune en quatre spores ; elles sont séparées de la paroi par une couche qui se résorbe plus tard, et fixées à un tissu central formant comme une petite colonne, la *columelle*, qui se dessèche aussi ultérieurement. Les sporanges s'ouvrent, lorsque les spores sont mûres, à l'aide d'un petit couvercle épidermique, de forme variée, l'*opercule*, qui se détache et tombe. Mais, en se détachant, il abandonne, sur les bords de la capsule ouverte, une couche cellulaire qui le doublait et qui se déchire, suivant les épaississements des parois de ses cellules, en petits fils ou dents d'aspect très-divers. Ces dents constituent le *péristome*. Un second péristome résulte souvent de l'expansion au dehors, après la chute de l'opercule, du tissu cellulaire de la columelle, tissu qui rougit, se dessèche et se divise en une seconde collerette de poils formés par les portions épaissies des parois de cellules disparues. C'est cette disposition élégante qu'on remarque dans les *Fontinalis* (fig. 152).

Ajoutons que ces poils, très-élastiques et hygrométriques, jouent, par rapport à la dissémination des spores, le rôle d'élatères.

Les *Sphagnum* forment parmi les mousses un groupe à part. Leur protonema est très-peu développé, souvent précédé d'une sorte de proembryon lamelleux. Les bourgeons foliacés apparaissent tout de suite et la tige se ramifie indéfiniment, mourant par la base à mesure qu'elle s'étend et que ses rameaux s'affranchissent par le bout. Cette tige est nettement composée d'un axe à cellules très-allongées, d'un cylindre à cellules moins longues, à parois brunes, épaisses, ponctuées, et de couches corticales à larges cellules aplaties, souvent munies d'épaississements spiralés et de trous qui les font communiquer ensemble. Les feuilles sont formées de grandes et de petites cellules en losange et de cellules étroites, tubuleuses, formant un réseau entre les premières. Les grandes cellules se vident bientôt de leur contenu, prennent un épaississement

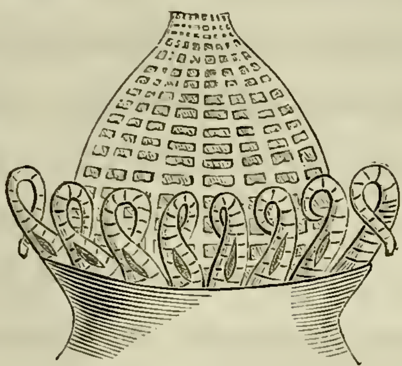


Fig. 152. — Péristome double du *Fontinalis antipyretica*.

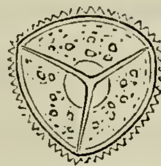


Fig. 153. — Macrospore et microspore de *Sphagnum acutifolium*.

spiralé et de grandes ponctuations dont le centre se résorbe, ce qui établit une communication entre elles. Les petites cellules sont pleines de chlorophylle. Cette disposition forme de ces plantes de véritables éponges dans lesquelles pénètrent les insectes aquatiques et les infusoires ; elles peuvent jouer aussi un rôle important dans le desséchement des marais.

Les anthéridies et les archégones sont distribués sur des fleurs séparées et même sur des pieds différents. Les anthéridies sont situées à côté des feuilles et s'ouvrent largement ; les archégones terminent, au contraire, les rameaux femelles, ce qui permet de distinguer facilement ceux-ci des rameaux mâles. Le sporange est arrondi et, lorsqu'il est développé, l'axe qui le porte s'allonge considérablement au-dessus du périchèse, tandis que le pédicelle du sporogone reste très-court.

Les *Sphagnum* présentent cette particularité que certains archégones donnent des sporogones portant des sporanges plus petits. Les spores de ces organes particuliers sont, en effet, des microspores qui diffèrent complétement, par la forme et par la taille, des macrospores produites par les sporanges ordinaires (fig. 153).

II. — Les Hépatiques.

Les *Hépatiques*, qui composent, avec les Mousses, le groupe des Muscinées, ont les mêmes caractères généraux, surtout en ce qui a rapport à la reproduction, mais elles diffèrent par leur première forme végétative. La spore, au lieu de produire un protonema filamenteux, forme un thalle lamelleux, sans feuilles, ou bien une lame qui pousse des bourgeons foliacés, ou porte à sa face inférieure, avec des poils radicaux, quelques expansions figurant des feuilles ; ou bien enfin une tige filiforme, ou plutôt rubanée, car elle est toujours aplatie,portant des feuilles bien caractérisées. On a ainsi des Hépatiques *frondacées* (*Anthoceros*, *Metzgeria*, etc.) et des Hépatiques *foliacées* (*Jungermanniées*), avec de nombreux types intermédiaires.

Le thalle, ou la tige thalloïde, se propage indéfiniment, mourant en arrière, pendant que les ramifications antérieures s'avancent en s'affranchissant à l'aide de leurs poils radicaux. Des propagules, qui se forment sur la face supérieure du thalle, facilitent encore la multiplication des individus. Ces propagules, provenant de poils transformés en papilles, puis en petites masses cellulaires, lenticulaires ou discoïdes, sont contenus dans des conceptacles en forme de bouteille, de corbeille ou de croissant. On peut les étudier sur le *Marchantia polymorpha*, où les conceptacles ont la forme de corbeilles garnies, sur le bord, de dents portant des franges délicates comme une dentelle. Ces dents sont formées par la déchirure, suivant des épaississements réguliers, de la couche épidermique recouvrant le conceptacle, au moment de la maturité des propagules. Ceux-ci sont entraînés par les eaux pluviales et vont former au loin de nouvelles plantes.

Les organes sexués naissent sur la face supérieure du thalle. Dans le *Marchantia*, les anthéridies sont portées sur la face supérieure et les archégones sur la face inférieure d'une branche dressée, ayant un aspect tout particulier, et ressemblant à un petit parapluie.

Les anthéridies, d'abord profondément plongées dans le tissu, sont ensuite assez longuement pédicellées, et donnent naissance à des cellules mères d'où s'échappent les anthérozoïdes filamenteux, spiralés, à deux cils vibratiles, et traînant une petite vésicule dont ils se débarrassent plus tard. Les archégones ont la forme connue ; l'oospore se développe entièrement dans sa cavité et produit une génération incluse, ou endogène, composée d'un sporange dont la forme varie suivant les genres. Tantôt, c'est une longue silique qui s'ouvre en deux valves ; le plus souvent, c'est une sphère qui reste parfois enfoncée, avec la coiffe qui la recouvre, dans la profondeur du tissu. Dans le *Marchantia*, c'est une sphère qui perce la coiffe, en sort et s'ouvre au dehors. La dissémination des spores est facilitée par des élatères en forme de poils ou de longues cellules dont la paroi porte deux spirales tournant en sens contraire et qui donnent à cet organe l'élasticité d'un ressort à boudin. Dans les Jungermanniées, la capsule mûrit encore dans l'archégone, mais, après sa maturité, elle perce la coiffe, et son pédicelle s'accroît considérablement au-dessus du thalle pour s'ouvrir en quatre valves dans lesquelles on aperçoit les élatères.

Dans les espèces foliacées, les organes sexués se forment à l'extrémité des branches principales ou de petits rameaux particuliers. Ils sont alors situés en dehors du tissu, et non plus profondément enfoncés dans le thalle comme dans les Hépatiques frondacées. Le développement de l'oospore en sporogone, se fait, d'ailleurs comme dans les espèces précédentes, et il arrive souvent que l'allongement, au-dessus du périchèse, de l'axe qui porte le sporogone et sa coiffe rappelle complétement ce qui se passe dans les *Sphagnum*.

Nous rappelons que les stomates de certaines Hépatiques et notamment du *Marchantia polymorpha* sont fort remarquables, disposés au centre de plages en losanges, et communiquant avec de

vastes chambres respiratoires remplies de poils articulés et pleins de granules chlorophylleux.

Préparation. — Les Mousses et les Hépatiques seront étudiées comme les Cryptogames vasculaires et présenteront peu de difficultés, en raison du peu de complication des tissus. Les recherches organogéniques seules exigent des soins attentifs.

L'un des sujets les plus intéressants à étudier est l'*urne* des Mousses que l'on devra examiner d'abord sur champ noir, avec le paraboloïde de Wenham ou l'éclairage noir de Nachet, et sous de faibles grossissements.

Les détails du péristome dans les *Bryum*, les *Mnium*, les *Funaria*, sa formation ainsi que le développement du sporogone, du sporange, des spores, la columelle, les lacunes aérifères entre le sac sporifère et les parois du sporange; la coiffe, l'opercule, seront l'objet d'observations très-intéressantes et fort nombreuses sur des exemplaires à différents âges.

Parmi les Hépatiques, l'une des plus curieuses est le vulgaire *Marchantia polymorpha* que l'on trouve entre les pavés, dans les cours humides, et dont les conceptacles, ainsi que les inflorescences, sont très-faciles à examiner.

Les organes sexués des Muscinées, anthéridies et archégones avec les élatères, méritent un examen attentif qui, du reste, est sans difficulté.

CHAPITRE XI

LES CHARACÉES

La petite famille des *Characées* ne présente avec celles que nous avons passées en revue que des analogies assez lointaines quant au système végétatif. Cependant, les appareils de reproduction de ces plantes rappellent assez ceux que nous avons trouvés chez les différents Cryptogames que nous avons étudiés pour que plusieurs

botanistes les en aient rapprochées, tandis que d'autres les ont plus particulièrement placées auprès des Algues.

Leurs caractères sont d'ailleurs tellement nets et tranchés qu'on a pu répartir en deux genres toutes les espèces, très-nombreuses, qu'elles renferment, les genres *Chara* et *Nitella*. Elles présentent à l'examen microscopique un très-grand intérêt.

La spore, en germant, ne produit plus un prothalle ou thalle lamelleux, ni un protonema filamenteux, mais un tube unique, composé de quelques longues cellules cylindriques, bout à bout. Ce tube ou proembryon, qu'on n'a, du reste, observé que chez les *Chara*, émet, en un point inférieur de sa longueur, un verticille de poils radicaux ou rhizoïdes, puis s'allonge en un très-long entre-nœud qui, vers sa pointe, se divise en quelques cellules. La cellule qui forme l'un des derniers articles de ce tube se divise transversalement en deux cellules nouvelles dont l'inférieure s'allonge beaucoup, tandis que la supérieure se subdivise, par des cloisons longitudinales, en un verticille de cellules formant le premier *nœud* de la tige feuillée, née ainsi sur le proembryon. La cellule centrale de ce nœud s'allongera ensuite en un long article et reproduira plus haut, ultérieurement, le même phénomène, formant ainsi un second nœud, au centre duquel une cellule terminale continuera l'accroissement de la tige, qui est indéfini.

Les cellules qui composent le nœud produisent tous les autres organes de la plante. De ce verticille de cellules, naît un verticille de feuilles longues, aciculaires, et, à la base de la plus âgée de ces feuilles, sort un rameau, tige secondaire qui se comporte comme l'axe primaire, se couronne de verticilles de feuilles et porte des rameaux tertiaires. Il n'y a qu'un rameau à chaque verticille dans les *Chara* et deux dans les *Nitella*.

Les verticilles, sur l'axe primaire, sont alternés, c'est-à-dire que les feuilles les plus âgées des verticilles, à l'aisselle desquelles pousse le rameau, sont situées sur une spirale qui s'enroule autour de la tige, laquelle est d'ailleurs tordue dans le même sens. Les verticilles des axes secondaires ne sont pas alternés.

Le tube qui constitue la tige est, chez les *Chara* seulement, recouvert d'une couche corticale extrêmement curieuse. Elle est

formée d'autres tubes nés des cellules du nœud supérieur, au-dessous des feuilles, et du nœud inférieur, au-dessus des feuilles. Chaque feuille, excepté celle qui porte un rameau à son aisselle, émet ainsi un tube qui descend le long de l'entre-nœud inférieur, et un autre qui monte le long de l'entre-nœud supérieur, les tubes qui montent et ceux qui descendent, allant au-devant les uns des autres par leur cellule terminale, à mesure que l'entre-nœud s'allonge, pour s'entrecroiser à leur point de rencontre, en raison de l'alternance des verticilles (fig. 154). Mais ces tubes ne sont pas simples, ils s'organisent en quatre séries longitudinales de cellules

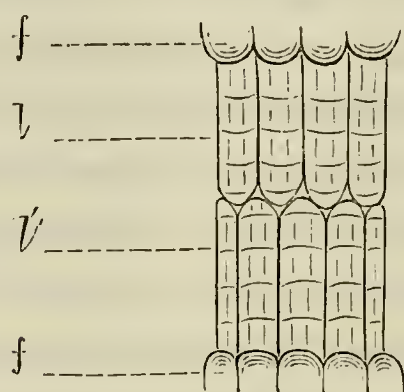


Fig. 154. — Système cortical du *Chara fragilis*.

l, tubes descendant du verticille supérieur *f* de l'entre-nœud et allant à la rencontre des tubes *l'*, montant du verticille inférieur *f'*.



Fig. 155. — Coupe transversale du système cortical des *Chara*.

Schéma montrant la disposition de quatre tubes corticaux composés eux-mêmes de quatre rangées verticales de cellules.

dont une, interne, en contact avec la paroi de la tige elle-même, et trois périphériques, ce qui donne à la coupe transversale de l'entre-nœud une forme étoilée très-élégante (fig. 155). De plus, ces tubes ou lobes corticaux ne s'allongent pas en ligne droite, mais ils éprouvent une torsion manifeste autour de l'axe de la tige

Les rameaux ont un système cortical beaucoup plus simple.

Ce sont encore les nœuds basilaires des feuilles du verticille inférieur qui produisent les rhizoïdes, longs tubes transparents qui ne s'allongent que par la pointe. Vers cette pointe seulement, ils se fractionnent en quelques longues cellules par des cloisons très-obliques, formant des articulations en biseau arrondi, et c'est de l'extrémité du biseau descendant que naît une ramification grêle ou rhizoïde.

Les organes reproducteurs naissent sur l'axe feuillé, et pro-

cèdent des nœuds. Ces organes sont : 1° asexués : ce sont des tubercules étoilés, formés par des cellules pleines de grain d'amidon et de protoplasma, qui émettent de nouvelles plantes par poussée latérale ; des rameaux qui naissent sur les nœuds âgés ou coupés, à l'aisselle des feuilles, d'autres rameaux qui se séparent des nœuds et se comportent comme des proembryons ; 2° sexués.

Ces organes sexués sont fort remarquables. L'organe mâle, qu'on peut appeler anthéridie, naît sur une feuille dont il est l'article terminal transformé. Cette anthéridie est une sphère de 1mm à 0mm,5 de diamètre dont la paroi est formée de huit cellules tabulaires (fig. 156). Les quatre cellules situées au pôle libre de la sphère sont triangulaires, les quatre autres sont trapézoïdes. On les appelle *écussons*. Leurs bords sont régulièrement ondulés ou découpés de dents qui s'engrènent. Leur paroi profonde est colorée en vert, puis en rouge à la maturité, et cette couche colorée n'est vue qu'à travers toute l'épaisseur hyaline des cellules. Du centre interne de chaque écusson part une cellule cylindrique (*manubrie*), qui lui forme un pied ou support, et se dirige vers le centre de sphère, à la rencontre de la cellule qui porte l'anthéridie elle-même (fig. 157). Cette cellule pénètre dans l'intérieur de l'anthéridie entre les quatre écussons inférieurs, trapézoïdes. Les huit manubries s'insèrent sur la cellule de support par l'intermédiaire d'autant de cellules hyalines, arrondies, qui en forment la *tête*. Ces huit cellules *têtes* portent chacune six petites cellules, et sur chacune de celles-ci s'insèrent quatre filaments qui prennent un accroissement considérable, car ils arrivent à se composer, par allongement et par division intercalaire, chacun de 100 à 200 cellules bout à bout. Chacune des cellules de ces filaments est la cellule mère d'un anthérozoïde. Or il y a 8 *têtes* qui portent chacune 6 petites cellules (= 48) et chacune de celles-ci porte 4 filaments (= 192), ce

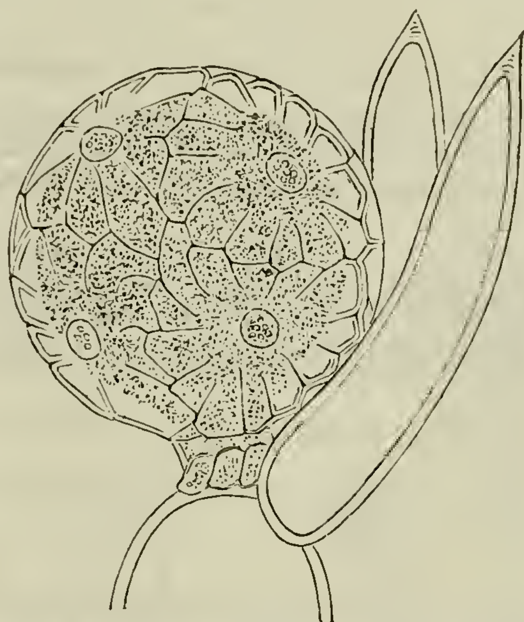


Fig. 156. — Anthéridie du *Chara fragilis*.

qui fait de 19 à 38,000 cellules mères d'anthérozoïdes (fig. 158).

A la maturité, les écussons se dessèchent et leur surface courbe

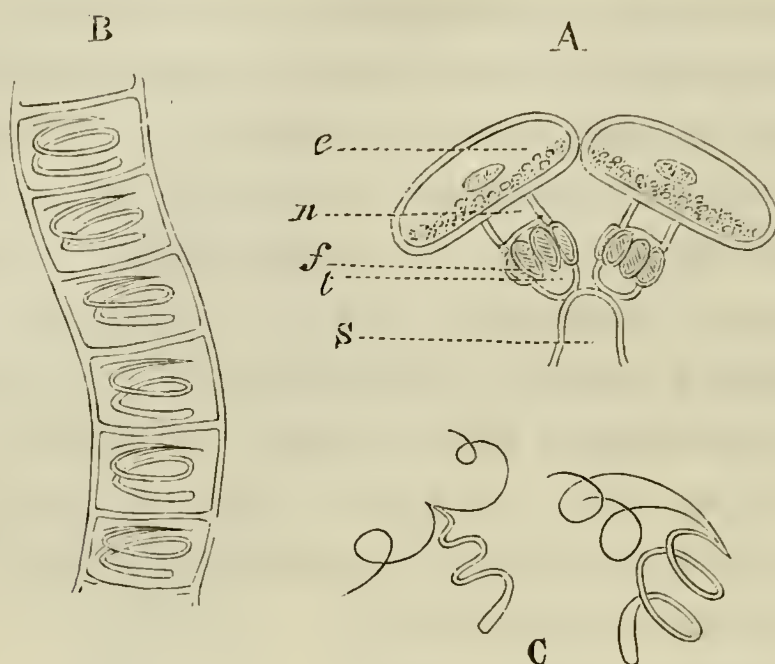


Fig. 157. — Anthéridie du *Chara fragilis* (non mûre).

A, deux écussons avec organes annexes; *e*, écussons; *n*, manubries; *t*, têtes; *f*, cellules d'où naissent les filaments; *s*, cellule de support (100 diam.). — B, Portion d'un filament montrant ses cellules-mères avec leurs anthérozoïdes (500 diam.). — C, deux anthérozoïdes libres (600 diam.).

s'aplanit, ce qui détermine leur séparation. Les anthérozoïdes s'échappent de leurs cellules sous forme de filaments spiralés por-

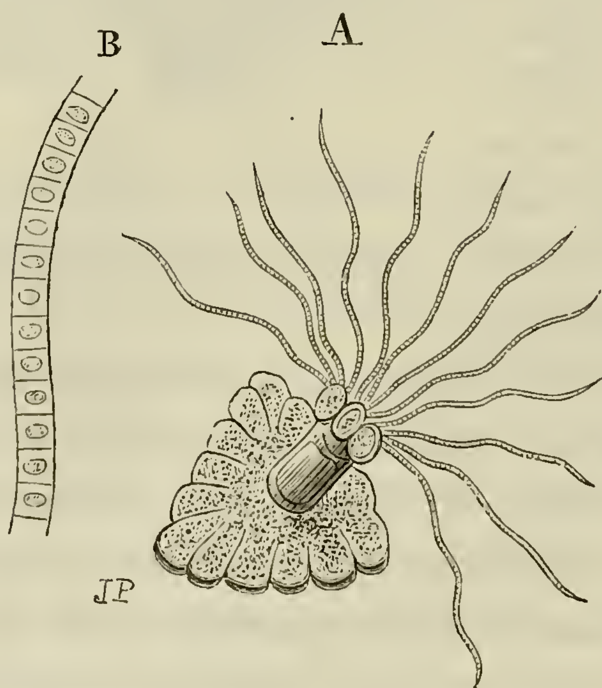


Fig. 158. — A, un écusson séparé de l'anthéridie du *Chara fragilis* avec trois cellules à filaments (100 diam.) — B, fragment d'un filament avant maturité des anthérozoïdes.

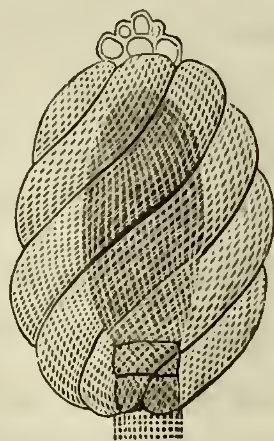


Fig. 159. — Organe femelle de *Nitella flexilis*.

tant à leur extrémité antérieure, amincie, deux longs cils vibratiles ; sortis, en général, le matin, ils nagent souvent jusqu'au soir.

L'organe femelle ne peut plus guère être comparé à un archégone.

Aussi M. Braun l'appelle *sporogemme*, et M. Sachs, *oogemme*. Il procède du nœud foliaire situé au-dessous de l'anthéridie et se compose d'un globule ovoïde, autour duquel s'enroulent cinq tubes en spirale, et que surmonte un groupe circulaire de cellules formant la *couronne* (fig. 159). Au centre, est une rangée axile de trois cellules entourée de deux rangées de cinq cellules. L'oosphère est une grande cellule de la rangée axile, portant à la partie supérieure une éminence ou papille. Les tubes, en s'allongeant, soulèvent la couronne au-dessus de l'oosphère et forment dans cette région une petite cavité indicative du canal de l'archégone. A la maturité, les cellules de la couronne s'écartent, les cinq tubes se desserrent au-dessous d'elles, et il se forme un canal par lequel les anthérozoïdes peuvent pénétrer jusqu'à la papille de l'oosphère et la féconder.

Ces curieuses dispositions sont sensiblement les mêmes dans les *Chara* et les *Nitella*, qui offrent ainsi de nombreux sujets d'observations. On sait, de plus, que ces plantes sont remarquables par la grandeur des cellules qui composent leurs entre-nœuds, et qu'elles offrent au plus haut point le phénomène de la circulation intra-cellulaire suivant un double courant qui longe la couche protoplasmatique pariétale et se replie le long de ce qu'on appelle la *ligne d'interférence*, qui n'est qu'une ligne de repos. Nous avons déjà signalé ce phénomène.

Les Characées accumulent dans leurs tissus une notable quantité de carbonate de chaux qui rend souvent leur surface un peu rugueuse au toucher, comme celle des tiges de Prêles.

Préparation. — Nous avons indiqué la préparation qu'il faut faire subir aux entre-nœuds des Characées pour observer la circulation intra-cellulaire, nous rappellerons donc seulement ici qu'il est préférable d'expérimenter sur les *Nitella* qui n'ont pas d'enveloppe corticale.

L'enveloppe des *Chara* et son remarquable développement sont faciles à voir, même sous de faibles grossissements, mais la formation et la marche ascendante et descendante des tubes ou lobes corticaux est moins aisée à saisir, parce que ces tubes sont formés de très-bonne heure et avant l'allongement de l'entre-nœud. On trouve cependant les Characées en assez grande quantité

dans les étangs, et notamment dans ceux des bois qui entouren Paris, pour multiplier les observations et récolter des échantillons où l'on pourra étudier la formation de l'écorce.

Quant à l'examen si curieux des organes sexués, il est beaucoup plus facile. L'anthéridie se rencontre à tous les âges, et l'on peut, en la disséquant sous la loupe avec les aiguilles, séparer les écussons, dérouler les filaments, s'ils sont formés, et reconnaître même, dans les cellules mères, les anthérozoïdes quelquefois mobiles dans leur cellule. Pour observer les filaments et les anthérozoïdes, il faut employer des grossissements d'au moins 500 diamètres (obj. 5 ou 7 N.; 9 et 10 H; D, E, Zeiss). Si l'on peut récolter des Chara portant des anthéridies jeunes, il est facile d'en suivre le développement jusqu'à maturité, en conservant les plantes ou les branches rompues dans un vase plein d'eau placé à la lumière. Si quelques anthéridies s'ouvrent, on trouve des anthérozoïdes dans l'eau en grande quantité, car on sait qu'ils sont très-nombreux.

Sous les faibles grossissements, sur champ noir, ces organes, ainsi que les oogemmes, constituent un très-intéressant sujet d'étude ; mais, pour observer les détails de structure et l'organogénie de l'anthéridie et de l'oogemme, il est indispensable de faire des coupes transversales et longitudinales dans divers sens et à différentes hauteurs. Il est parfois utile alors de durcir un peu les tissus dans l'alcool. Les observations se font bien dans la glycérine (il faut noter toutefois que ce liquide tue les anthérozoïdes), et les préparations se conservent facilement dans la glycérine gélatinée ou dans le chlorure de calcium.

CHAPITRE XII

LES CHAMPIGNONS

I. — Végétation des Champignons.

Les *Champignons* forment un monde, pour ainsi dire, à part dans le règne végétal, monde extrêmement nombreux et remarquable par l'infinie variété que présentent les espèces qui le composent, dans

leur forme, leur aspect, leur mode de reproduction, et les phases diverses constituant le cycle de leur végétation. Les connaissances des botanistes sont encore bien loin d'être complètes sur ces singuliers êtres: les classifications qu'on avait naguère établies parmi eux sont, en grande partie, renversées, car certains que l'on avait considérés non-seulement comme des espèces, mais comme des genres distincts, sont journellement reconnus pour n'être ni des genres, ni des espèces, ni même des variétés, mais le même végétal à différents degrés de développement.

Aussi, ne pourrons-nous donner ici qu'une idée bien incomplète de cette innombrable famille ; nous devrons nous borner à des notions générales suffisantes pour guider nos lecteurs dans les études qu'ils voudront faire sur les Champignons, et à l'examen de quelques types choisis parmi ceux qui présentent le plus d'intérêt pour le micrographe.

Les Champignons se distinguent d'abord de tous les végétaux par l'absence de chlorophylle, et ce fait est des plus importants, car il implique un mode d'existence tout à fait différent de celui qui appartient aux plantes chlorophyllées. Celles-ci, sous l'influence de la lumière solaire, décomposent, à l'aide de leur chlorophylle, l'acide carbonique et l'eau du milieu, air ou eau, dans lequel ils vivent, prennent l'azote à certains sels solubles, et, avec ces éléments minéraux, construisent leur charpente et leurs tissus dans lesquels ils emmagasinent divers produits spéciaux, qu'ils fabriquent, et quelques combinaisons salines, qu'ils empruntent directement au sol. En un mot, la nourriture des plantes vertes est composée d'éléments inorganiques qu'ils assimilent par l'action de la chlorophylle soumise à la lumière. — Les Champignons n'ont point de chlorophylle et leurs tissus, aussi riches en azote que ceux des animaux, résultent de l'absorption faite par eux d'aliments organiques tout faits qu'ils empruntent aux corps organisés en décomposition, animaux ou végétaux, sur lesquels ils se fixent, ou même aux animaux et aux végétaux tout vivants sur lesquels ils s'établissent et vivent en parasites.

Avec les Champignons, comme avec les Algues, nous descendons au dernier échelon de la forme végétale : une cellule unique, isolée, qui se reproduit par bipartition, mais l'Algue, colorée, vit, grâce à sa

chlorophylle, dans les eaux pures éclairées par le soleil, le Champignon, vénéneux et pâle, habite des lieux sombres, peut vivre dans l'obscurité complète, ne se développe que dans les milieux fermentés ou putrides.

Par ce mode de nutrition aux dépens de matières organiques, comme par la composition richement azotée de leurs tissus, les Champignons se rapprochent des animaux. Soumis à l'action de l'iode ou du chlorure de zinc iodé, la matière qui les compose ne bleuit que dans quelques cas exceptionnels. Presque toujours, elle jaunit comme la matière albuminoïde. On l'appelle *fongine*.

C'est encore en raison de ce mode de nutrition, par des sucs tout formés, que beaucoup de Champignons se développent de préférence, ou même exclusivement, sur certaines matières dont les sucs sont mieux appropriés à leurs besoins. Les végétaux vivants, les animaux et l'homme ne sont point à l'abri de leurs attaques. C'est ainsi que le pain mouillé, les fruits gâtés, le marc de café, le tan des tanneries, nourrissent des espèces qui vivent difficilement ailleurs ; que le *Claviceps purpurea* (ergot) attaque le Seigle, le *Puccinia graminis* (rouille) le Seigle et le Blé, le *Peronospora infestans*, la Pomme de terre, le *Massaria platani*, le Platane ; le *Botrytis Bassania* est le Champignon qui, sous le nom de *muscardine*, tue les vers à soie ; l'*Empusa muscæ* se développe sur le ventre des mouches ; les *Isaria*, *Psillum*, *Laboulbenia* poussent sur les élytres des coléoptères ; l'*Achorion Schœnleinii* sur le cuir chevelu de l'homme (teigne), l'*Oidium albicans* sur les voies respiratoires (muguet), le *Trichophyton furfur* sur la peau (herpès). Bien plus, certaines espèces ne peuvent parcourir qu'une phase de leur existence sur un même sujet et doivent être transportées sur un autre pour compléter leur développement ; les exemples connus en sont aujourd'hui nombreux, et le *Puccinia graminis* est un des mieux étudiés : commençant sur l'Épine-Vinette, il finit sur le Blé.

La spore des Champignons, en germant, produit un filament qui reste quelquefois unique et unicellulaire, mais qui, le plus souvent, au contraire, s'allonge, se cloisonne, se ramifie, s'anastomose, forme une surface feutrée qui s'accroît dans tous les sens, par développement terminal et intercalaire de ses ramifications. Cette

production, qui constitue le thalle de ces plantes, porte le nom de *mycélium*. Souvent les filaments se feutrent, se compriment et s'unissent de manière à former une sorte de membrane, composée parfois de faux parenchyme. Telle est la forme végétative des Champignons; elle est absolument dénuée de tout caractère spécifique, et les mycéliums d'un grand nombre de Champignons différents peuvent paraître, même à l'examen microscopique, absolument semblables. La différenciation ne se produit que pour la formation des organes reproducteurs. Quelquefois, cependant, les filaments du mycélium se condensent en certains points et produisent des corps d'apparence diverse, et plus ou moins solides, qu'on nomme *sclérotes*. Ce qu'on appelle *ergot* du Seigle est un sclérote produit par le mycélium du *Claviceps purpurea* développé sur le grain de la céréale.

Quant aux appareils reproducteurs, ils sont excessivement variés dans leur forme. Souvent un des rameaux du mycélium se dresse verticalement et porte à son extrémité des spores diversement distribuées. Souvent encore, un grand nombre de filaments se relèvent, s'accolent parallèlement, s'unissent et forment un organe plus ou moins volumineux qu'on appelle le *chapeau* et qui porte les réceptacles des spores. Ainsi ce qu'on appelle vulgairement « champignon » n'est qu'un organe fructifère de la plante ; la plante elle-même, c'est le mycélium qui, à un examen superficiel, peut passer inaperçu.

Lorsque les filaments sporifères s'unissent ainsi en grand nombre, ils forment, par leur rapprochement à leur partie supérieure, une couche serrée, ou membrane, qu'on appelle *hymenium*. Dans le plus grand nombre des cas, la membrane hyméniale se forme à la surface extérieure du chapeau ou réceptacle, ordinairement par-dessous : les appareils sporifères qu'elle porte sont alors externes, et le Champignon est *gymnocarpe* (*Agaricus*), mais elle peut se former dans l'intérieur du réceptacle (Truffe, *Lycoperdon*), et le Champignon, dont les spores sont ainsi enfermées, est *angiocarpe*.

Toutes les phases de la reproduction des Champignons sont loin d'être connues aujourd'hui. Sur quelques espèces seulement, on a pu étudier le cycle complet du développement et constater une

reproduction asexuée, qui produit des spores, et une reproduction sexuée, quelquefois remplacée par la conjugaison, mode de reproduction que nous avons déjà décrit en traitant de la genèse des cellules (voir page 354). La spore, ainsi produite par l'union de deux filaments qui fusionnent leur protoplasma pour la former, est toujours appelée zygospore. La reproduction par le rapprochement de deux organes spéciaux, mâle et femelle (fécondation), ou de deux filaments identiques en apparence (conjugaison) dont l'un joue le rôle de mâle et l'autre le rôle de femelle, se produit toujours sur le mycélium. Les réceptacles ne portent jamais que des spores de génération asexuée.

Ces spores asexuées ont les formes et les modes de production les plus divers. Certaines portent des cils vibratiles et exécutent des mouvements, ce sont des *zoospores*. D'autres sont immobiles et naissent par division, à l'extrémité d'une cellule de support, allongée, qu'on appelle *baside*, ce sont des *basidiospores;* d'autres se forment à l'intérieur d'une espèce de sac, nommé *asque*, et sont des *ascospores*. La plupart sont simples, mais quelques-unes sont *composées* de plusieurs cellules. Beaucoup d'autres désignations sont employées pour spécifier les différentes sortes de spores que produisent les Champignons, nous les indiquerons au fur et à mesure que nous les rencontrerons dans les exemples que nous allons étudier.

II. — Description de quelques espèces.

Le groupe des Champignons peut être divisé en quatre grandes tribus :

1° Les Phycomycètes, qui confinent aux Algues et dont les filaments se colorent très-souvent en bleu par le chlorure de zinc, ce qui indique qu'ils sont formés, comme ceux des Algues, de cellulose. Cette tribu renferme les *Saprolégniées*, les *Péronosporées* et les *Mucorinées* dont beaucoup constituent les *moisissures*.

2° Les Hypodermées, qui s'insinuent sous l'épiderme des plantes, et comprennent les *Urédinées* et les *Ustilaginées*.

3° Les Basidiomycètes, dont les spores sont portées sur des basides, *Tremellinées*, *Hyménomycètes* et *Gastéromycètes*.

4° Les Ascomycètes, dont les spores sont enfermées dans des tubes ou asques; on y classe les *Ferments*, les *Tubéracées*, les *Onygénées*, les *Pyrenomycètes* et les *Discomycètes*.

A cette classe on peut rattacher les *Lichens* qui paraissent être, des végétaux composés, des Champignons vivant en parasites sur des Algues.

Les Champignons phycomycètes sont au nombre des plus intéressants pour le micrographe, et les phases de leur développement sont en général mieux connues. Leur mycélium produit des organes femelles, oogones, contenant des oosphères qui donnent par fécondation des oospores. Ces oospores, en germant, produisent un mycélium qui peut porter des réceptacles fructifères, des sporanges, donnant sans fécondation des spores asexuées.

Parmi les Saprolégnées, qui se développent le plus souvent sur le corps des insectes morts dans l'eau, nous citerons, d'après M. Max Cornu, les *Monoblepharis polymorpha*, *spherica*.

Chez ces Champignons, il se développe, sur le mycélium, des cellules allongées qui se remplissent de protoplasma et de gouttelettes huileuses, puis se sectionnent; ce sont des sporanges, qui bientôt, laissent échapper, par leur extrémité, un petit corps arrondi, muni en arrière d'un long cil raide. En dégageant son cil de l'ouverture du sporange, ce petit corps aide à la sortie d'un second corpuscule semblable, qui à son tour en dégage un troisième, ainsi de suite. Ces petits corps prennent bientôt une forme triangulaire ayant la pointe en avant, hyaline, et la base en arrière portant le cil raide. Ce sont des zoospores qui, après quelque temps d'agitation, perdent leur cil, se fixent et produisent un filament de mycélium.

Mais dans de petits appareils plus allongés, ayant la forme tubulaire, et qui sont des anthéridies, naissent de la même manière d'autres corpuscules plus petits que les zoopores, ce sont des anthérozoïdes, qui se déplacent souvent par des mouvements amiboïdes, c'est-à-dire par reptation en émettant de côté et d'autre des prolongements de leur corps. Ils vont ainsi à la recherche de

l'oogone, corps sphérique placé ordinairement dans le voisinage de l'anthéridie, et se mettent à ramper à sa surface. Souvent ces oogones sont percés de petits trous par lesquels les anthérozoïdes s'introduisent dans l'organe et fécondent les oosphères ; celles-ci s'entourent quelquefois d'une membrane avant leur sortie de l'oogone, et, quelquefois seulement, après qu'elles ont été mises en liberté. De même, les oospores peuvent germer dans l'oogone même et produire un filament qui ne se ramifie pas, ne forme pas de mycélium, mais se termine en un zoosporange analogue à celui dont nous avons décrit plus haut l'accouchement. Mais, souvent aussi, l'oospore s'organise directement en zoospore. De plusieurs oospores nées dans le même oogone, les unes forment parfois des filaments sporangifères et les autres des zoospores.

Dans les *Monoblepharis*, l'anthéridie a la forme d'une longue cellule, située à l'extrémité d'un filament latéral, près d'un oogone sphérique ; mais dans d'autres genres (*Myzocitium*), l'anthéridie est globuleuse comme l'oogone. Dans d'autres enfin, on n'a pas encore aperçu d'anthérozoïde. Les anthéridies latérales se replient sur l'oogone et vident directement leur contenu dans celui-ci, par les pores dont sa paroi est percée. Y a-t-il là fécondation réelle ou conjugaison? C'est ce qu'on ne sait, mais on voit, par cet exemple, combien ces deux formes de l'acte reproducteur sont connexes, et le peu d'importance qu'il faut attacher à la motilité du protoplasma organisé en élément fécondateur mâle.

Les Péronosporées vivent dans l'intérieur des Phanérogames. Leur mycélium est un tube unicellulaire qui enfonce des espèces de suçoirs dans les tissus de la plante infestée. De là, il émet des ramifications dressées par les ouvertures des stomates de la plante, ramifications qui se terminent par des petites spores superposées ; celles-ci tombent et produisent un nouveau filament mycélien, ou bien s'ouvrent et donnent des zoospores allongées, munies d'un cil en avant et d'un cil en arrière.

Le *Peronospora infestans*, qui produit la maladie des pommes de terre donne ainsi des zoospores. Celles-ci, après avoir nagé un moment, se fixent sur l'épiderme de la plante, s'entourent d'une membrane, allongent un filament qui perce l'épiderme, traverse

la cellule et parvient dans les espaces inter-cellulaires où il se ramifie et se développe. D'autres espèces enfoncent leur tube dans les stomates (*Cystopus*). La plante est rapidement envahie, et bientôt on voit apparaître de tout côté, au dehors, des filaments sporifères qui recommencent à émettre des spores germinatives ou productrices de nouvelles zoospores. Le mycélium peut ainsi hiverner dans les tubercules pour reprendre son développement au printemps.

C'est dans l'intérieur même des tissus de la plante que le mycélium du parasite produit les organes sexués. Ceux-ci consistent en petites sphères, séparées du filament par une cloison, qui sont les oogones, et en d'autres corps arrondis placés à l'extrémité d'un autre rameau, isolés aussi par une cloison, et représentant les anthéridies. Ces dernières envoient contre l'oogone une fine ramification qui en perce l'enveloppe et se vide dans son intérieur.

L'oospore fécondée s'entoure d'une membrane mamelonnée, brune, l'exospore, que double bientôt, à l'intérieur, une seconde membrane, l'endospore. Ainsi constituée, l'oospore hiverne en repos, et, au printemps, se gonfle ; son exospore se rompt, l'endospore fait hernie par l'ouverture et bientôt met en liberté plusieurs zoospores en tout semblables à celles que nous avons décrites.

Dans ces plantes encore on n'a pas vu d'anthérozoïdes.

Les *Mucorinées* présentent le plus vif intérêt parce qu'elles réalisent le premier exemple de conjugaison bien nette observé chez les Champignons.

Le mycélium est toujours produit par une spore asexuée (1), formée, comme précédemment, par un tube très-ramifié mais sans cloisons (unicellulaire). Il est fixé à l'intérieur ou à l'extérieur du tissu de la plante nourricière, ou même sur le mycélium d'un autre Champignon. Cependant, ces espèces peuvent vivre isolément, et par elles-mêmes, sur des matières en décomposition (fruits, végétaux morts). Après un certain développement, le mycélium émet

(1) L'oospore provenant d'une fécondation ne forme jamais de mycélium directement, mais donne toujours un organe de reproduction asexuée (sporange) d'où sortent les spores ou zoospores qui forment le mycélium.

des filaments ascendants qui se couronnent d'un sporange ou de plusieurs sporanges, renfermant une seule spore dans quelques espèces, mais chez d'autres de 10 à plus de 50,000. Ces sporanges s'ouvrent diversement et répandent leur contenu comme une fine poussière.

Mais outre cette forme asexuée, certaines mucorinées possèdent une autre forme de reproduction, encore asexuée. Sur le même mycélium se développent des filaments dressés dont l'extrémité se gonfle, le protoplasma s'y organise intérieurement en une grosse spore endogène à membrane épaissie, hérissée de pointes ou de mamelons, qui est mise en liberté par la résorption de la paroi enveloppante. C'est une *chlamydospore*. D'autres espèces encore produisent, de même, à l'intérieur des filaments mycéliens, sans l'intermédiaire d'un rameau dressé, dans les tubes sporangifères et même dans le sporange vidé, des chlamydospores lisses et sessiles. Les *Mortierella* produisent à la fois ces deux formes de spores.

C'est après l'apparition de ces différentes sortes de spores que se forment les organes de reproduction sexuée. Deux filaments, qui paraissent semblables, se recourbent et viennent se toucher par leur extrémité où s'est cloisonnée une cellule terminale. Le protoplasma se condense dans chacune de ces cellules. Il se forme ainsi deux cellules primordiales qui se réunissent par la résorption de la double membrane qui les sépare. De cette réunion naît une cellule unique qui est une zygospore, c'est-à-dire une spore née par conjugaison, laquelle est bientôt recouverte par la membrane limitante des deux filaments. Dans le *Phycomyces nitens*, la zygospore se recouvre de filaments noirs, transformés en des sortes d'épines, et qui se développent d'abord sur l'un des éléments de la conjugaison.

La zygospore ainsi formée, germe plus tard, après qu'elle a été desséchée, et donne naissance, non pas à un mycélium, mais à un sporange ordinaire fournissant des spores asexuées qui produiront un mycélium.

C'est à la tribu des Hypodermées et à la section des Urédinées, qu'appartient le *Puccinia graminis* qui produit sur les céréales, la maladie connue sous le nom de *rouille*, en raison de la couleur ocreuse de ses spores. Ce Champignon nous offre un curieux

exemple d'hétéroécie, c'est-à-dire que les deux phases de son développement se produisent sur deux espèces de plantes absolument différentes, les *Berberis* ou Épines-Vinettes d'une part, les Graminées de l'autre. Ces deux phases ont été longtemps méconnues, et on les considérait comme formant deux plantes distinctes appartenant à deux genres différents.

Sur l'Épine-Vinette (*Berberis vulgaris*), le parasite forme des plaques jaunâtres, épaisses et feutrées, dont les filaments pénètrent dans le parenchyme des feuilles. Là, le mycélium produit deux sortes de réceptacles fructifères, les unes appelées *spermogonies*, les autres, qu'on prenait jadis pour une espèce végétale déterminée, avaient reçu le nom d'*Æcidium*. Les spermogonies sont des conceptacles en forme de bouteille dont l'enveloppe est formée par un tissu serré de filaments. Ceux-ci pénètrent dans l'intérieur des conceptacles et sortent par son ouverture qui vient déboucher sur l'épiderme de la feuille. Entre ces filaments ou poils, d'autres filaments plus courts, situés au fond du conceptacle, portent à leur extrémité un grand nombre de très-petits corps semblables à des spores et qu'on appelle *spermaties*. Semées, ces spermaties donnent naissance à d'autres corps reproducteurs que nous retrouverons plus loin sous le nom de *sporidies*. La seconde forme de conceptacles, qui constituait autrefois le genre *Æcidium*, naît sur le même mycélium que les spermogonies et forme d'abord des tubercules sous l'épiderme. Leur substance, formée de filaments serrés, paraît parenchymateuse, et leur enveloppe est composée aussi de filaments. En se développant, cet æcidium perce l'épiderme, et sa paroi, nommée *peridium*, vient s'ouvrir à l'extérieur comme une coupe. La paroi est alors formée d'une couche de cellules, hexagonales par compression réciproque. Ces cellules, qui sont déjà, bien évidemment, des spores, sont disposées en files ou chapelets, et proviennent de basides placées à la base de la coupe. Ces basides, par leur réunion, forment un hyménium et produisent incessamment, dans l'intérieur de la coupe, de nouveaux chapelets de spores, d'abord polyédriques par compression, puis arrondies, et qui bientôt se détachent et s'échappent. Ce sont ces spores qui, de même que celles de la paroi péridiale, contiennent des granulations rouges.

Ces spores d'*Æcidium* ne peuvent développer de mycélium nouveau que si elles tombent sur une Graminée. Le Champignon, sur l'Épine-Vinette, étend le mycélium déjà existant, produisant indéfiniment des spermaties et des spores æcidiales qui vont se développer, en mycélium, sur les céréales des champs voisins et y constituer la seconde phase de la vie du Cryptogame, formant naguère le genre *Uredo* et dont certaines spores, à leur tour, viendront germer sur les haies d'Épine-Vinette.

Tombées en effet sur les feuilles des Graminées, du Blé et du Seigle particulièrement, les spores de l'Æcidium germent, produisent des tubes qui pénètrent dans l'ouverture des stomates, et jusque dans le parenchyme, et y forment un nouvel appareil reproducteur, composé de filaments dressés et serrés de manière à composer un hyménium. Ces filaments séparent, à leur extrémité, une grosse spore arrondie contenant des granules rouges. L'épiderme est bientôt rompu, et les spores d'Uredo, ou *urédospores*, s'échappent pour germer sur les feuilles des Graminées et s'y multiplier, pendant tout l'été, en nombreuses générations d'urédos, jusqu'à ce que, sur les plus anciens, on voie apparaître d'autres spores allongées, *composées* de deux cellules, qu'on appelle *téleutospores*. Alors cesse la formation des urédospores, et les nouvelles spores composées, après avoir passé l'hiver sur les chaumes, germent au printemps en produisant, par leurs deux cellules, des filaments courts et cloisonnés, portant immédiatement à leurs extrémités de très-petites spores ou *sporidies* (fig. 160).

Ce sont ces sporidies qui vont germer sur les feuilles de *Berberis* en produisant un mycélium qui perce l'épiderme, se développe dans le parenchyme et donne les spermogonies et les æcidiums que nous avons décrits.

Dans ces plantes, on le voit, il n'a pas encore été constaté de fécondation ni de conjugaison. Est-ce sur le mycélium produit dans le *Berberis* que cet acte se produit? C'est aux micrographes de l'avenir à trancher cette question. Nous remarquons, cependant, que les teleutospores offrent quelque analogie avec les oospores, résultant de la fécondation sexuée, par la longueur de leur développement germinatif, qui n'a lieu qu'après l'hiver écoulé, et par la nature

même de ce développement, qui ne produit pas un mycélium, mais un court filament *sporidifère*.

A côté de ce groupe des Urédinées, se place celui des Ustilaginées, hypodermiques aussi, dont nous avons peu de choses à dire. Le cycle de leur végétation ne paraît pas entièrement connu. Développé sur certaines plantes, leur mycélium va former ses appa-

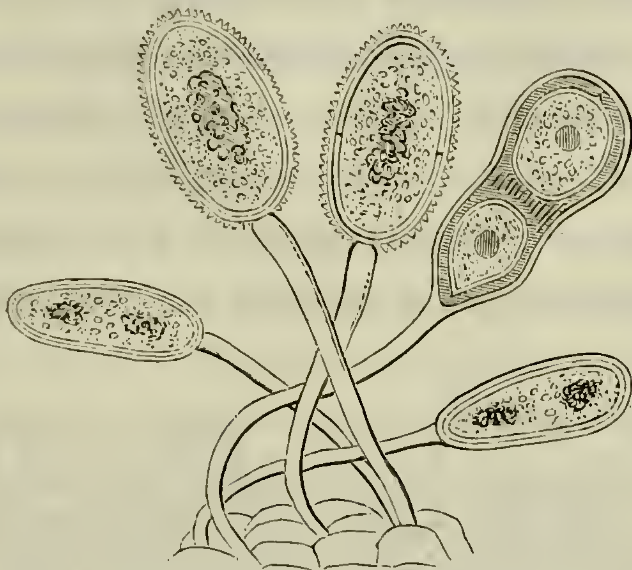


Fig. 160. — Urédospores et téleutospores du *Puccinia graminis*.

reils fructifères dans des organes déterminés de ces plantes, organes qui sont détruits. Tel est le *Tilletia caries* qui détruit l'ovaire des Graminées et produit ce qu'on appelle la « carie, » les *Ustilago carbo* et *destruens* qui agissent de même et causent la maladie nommée « charbon » des céréales. Les *Ustilago flosculorum* et *antherarum* attaquent les étamines et les anthères des Composées et des Caryophyllées, où ils détruisent le pollen.

C'est dans la grande tribu des Basidiomycètes que l'on trouve à côté des Tremellées, Champignons gélatineux, à développement mal connu, qui poussent sur le bois pourri, les grands Champignons à chapeau, les Agarics, les Bolets, etc., que tout le monde connaît. Ils appartiennent au groupe des Hyménomycètes et l'on n'a encore observé qu'une période de leur végétation, celle qui produit des spores asexuées.

Sur le mycélium, qui se développe sur des matières végétales en décomposition, un faisceau plus ou moins considérable de filaments se dresse et forme un réceptacle, ordinairement pédiculé. A une certaine hauteur, ces filaments, cessant de marcher parallèlement,

divergent en rayonnant et constituent une expansion horizontale, d'épaisseur et d'aspect variables, qui est le chapeau proprement dit. Ils se recourbent vers la partie qui sera le dessous du chapeau et, là, affectent dans leur groupement des dispositions diverses. Tantôt, ils forment des lamelles planes et rayonnantes (*Agaricus*), tantôt des lamelles circulaires et concentriques (*Cyclomyces*), tantôt des amas réticulés et anfractueux (*Polyporus*), tantôt des tubes droits et verticaux (*Boletus*) ou des pointes mousses, etc. En se dirigeant vers la surface de ces productions, les filaments se cloisonnent en longues cellules qui, plus loin, se raccourcissent et composent une couche sous-hyméniale ; à la surface enfin, ils forment des cellules longues et renflées au bout extrême, dont l'en-

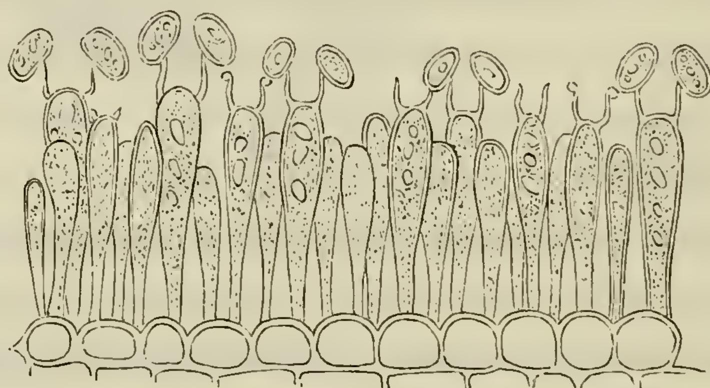


Fig. 161. -- Basidiospores et paraphyses de l'*Agaricus edulis*.

semble constitue l'hyménium (fig. 161). Beaucoup de ces cellules portent sur leur renflement, à l'extrémité d'un court pédicelle, 2 ou 4 spores ; ce sont des basides. Celles qui restent stériles sont des paraphyses.

Ajoutons qu'on voit souvent, pendant le développement du chapeau, se séparer du faisceau central des filaments dressés, une couche de filaments qui s'écartent du faisceau et vont s'insérer à la circonférence du chapeau, formant ainsi une enveloppe membraneuse à sa base. Ou bien encore, cette enveloppe recouvre tout le chapeau. On l'appelle *velum*, ou *voile*. La croissance du réceptacle rompt bientôt ce voile qui laisse alors apparaître par dessous, le chapeau tout formé, avec son hyménium. Les débris de ce voile restent souvent attachés au pédoncule du chapeau, sous forme d'une collerette, et lorsqu'il était enveloppant, on en voit des fragments sur la face supérieure de ce chapeau (*Amanita*).

Les spores produites à l'extrémité des basides reproduisent un mycélium. Elles proviennent d'une phase végétative asexuée, la seule qu'on connaisse dans ces Champignons.

Chez les Gastéromycètes, des phénomènes très-analogues se produisent, seulement les filaments qui portent les basides, au lieu de s'écarter pour aller se recourber par en bas, à la périphérie, s'écartent pour se recourber en dedans. Les basides viennent alors se former dans des cavités internes, qu'on pourrait appeler des sporanges, et qui se produisent par la transformation en gelée, puis la résorption ou la dessiccation de la substance interne de ces cavités, lesquelles se trouvent alors tapissées par l'hyménium muni de ses basides, de ses spores et de ses paraphyses. La dissémination des spores se fait ordinairement, dans ce cas, par la destruction du péridium, ou membrane externe du chapeau, soit à son centre, soit en certains points déterminés de sa surface supérieure. Toutes les cavités se sont alors réunies, et le Champignon laisse échapper, par les trous, les fentes ou les crevasses de sa surface, d'innombrables myriades de spores asexuées qui reproduisent autant de myréliums.

Dans la tribu des ASCOMYCÈTES, nous retrouvons des formes excessivement variées, depuis les plus simples jusqu'aux plus complexes, depuis la cellule unique des Ferments jusqu'aux volumineux réceptacles des Morilles. Parmi ces nombreuses formes, nous trouvons d'abord les Tubéracées, dont la Truffe (*Tuber esculentum*) nous offre le type. Ces Champignons forment, sur un mycélium dont le développement est peu connu, un réceptacle tuberculeux, ordinairement souterrain, composé de filaments étroitement entrelacés, organisés, à la surface, en un péridium mamelonné et, à l'intérieur, en lames ou en un tissu anfractueux, appelé *gleba*, sur lequel ils produisent, à leur extrémité, dans des lacunes intérieures du tissu « fertile », les *asques* ou *thèques* qui contiennent les spores. Celles-ci sont recouvertes d'un exospore orné de réseaux ou d'épines. On ne sait encore rien de bien précis sur leur développement et sur la formation du mycélium.

Les *Onygénées* sont de petits Champignons ou moisissures qui se produisent sur les matières cornées, les plumes des oiseaux ou

les sabots des chevaux morts. Quant aux *Pyrénomycètes* ils sont représentés par une très-nombreuse série de Champignons ou de moisissures dont certains sont fort intéressants à étudier; leurs modes de fructification, d'une espèce à l'autre, sont souvent absolument dissemblables, sauf la production des ascospores qui leur est commune, et, sur la même espèce, on rencontre toujours un grand nombre de systèmes différents de fructification.

Nous prendrons pour exemple l'*Eurotium repens* qui se développe avec différentes autres moisissures sur les végétaux en décomposition, et particulièrement sur les fruits cuits. Son mycélium, formé de fins filaments floconneux, produit d'abord des ramifications dressées dont le sommet se gonfle et s'arrondit, pousse de petites éminences, ou *stérigmates*, qui deviennent le pédicelle d'autant de chapelets de petites spores verdâtres qu'on appelle *conidies*. D'autres filaments s'enroulent, à leur extrémité, en 5 ou 6 tours d'une spirale serrée dont chaque tour se sépare par une cloison. Cet organe, l'*ascogone*, est destiné à produire les asques contenant les spores sexuées. Bientôt un rameau se détache de sa base et vient se recourber jusqu'à toucher l'ascogone à sa partie supérieure. C'est un organe mâle, le *pollinode*, qui se vide dans l'ascogone et le féconde. C'est donc une conjugaison. Après l'accomplissement de cet acte, des tubes nombreux se développent à la base du pollinode et de l'ascogone et forment à cet organe une enveloppe d'un tissu qui prend un grand accroissement, devient pseudo-parenchymateux. Ce réceptacle, ainsi composé, devient sphérique et prend le nom de *périthèce*. Dans son intérieur, les tubes qui constituaient primitivement l'ascogone se ramifient, se cloisonnent, et leurs derniers articles forment autant de sacs ou d'asques dans chacun desquels se forment 8 spores ou *ascospores*. Bientôt tout le tissu se résorbe et les spores deviennent libres dans le périthèce qui se rompt pour les répandre.

Les *Erysiphe*, dont l'un cause la maladie de la vigne, les *Penicillium*, qui constituent l'une des moisissures les plus communes, et dont les conidies forment d'élégants pinceaux composés de chapelets d'innombrables spores, les *Aspergillus* qui leur ressemblent beaucoup, les *Sphœria* offrent des phénomènes analogues dont les

différentes phases ne sont pas toujours bien connues ; mais le *Claviceps purpurea*, qui produit l'ergot du Seigle, a été plus complétement étudié.

Son mycélium envahit l'ovaire de la Graminée, dont il respecte souvent le stigmate, et produit à sa surface des filaments portant des conidies, spores asexuées qui reproduisent des mycéliums. A cet état on avait naguère considéré le Champignon comme une espèce distincte qu'on appelait *Sphacelia segetum*. Mais, bientôt, il produit à la base de l'ovaire un tissu dense, ou sclérote, qui constitue l'ergot ; puis, il meurt peu à peu. Mais le sclérote, comme un bulbe de Phanérogame, conserve à l'état latent l'activité vitale.

Tombé sur le sol humide, il produit des filaments dressés et unis qui forment comme une série de petits Champignons à chapeau. Ces réceptacles portent le nom de *stroma*. Ils se terminent par une tête sphérique dont toute la surface supérieure se creuse bientôt de cavités en forme de bouteille, ouvertes à l'extérieur et pleines de tubes de spores longues et tubuleuses. L'asque rompu, les spores s'échappent de la bouteille qui est le périthèce, germent sur la Graminée, et chacune d'elles fournit plusieurs tubes mycéliens reproduisant la première forme du champignon, le *Sphacelia*.

Un autre groupe des Ascomycètes, les *Discomycètes*, renferme les Pézizes, genre très-nombreux et très-curieux par la multiplicité de ses appareils reproducteurs ; les Morilles, Champignons comestibles, remarquables par l'aspect d'éponge que présente leur chapeau. Ce chapeau anfractueux est recouvert par l'hyménium composé de paraphyses et d'asques à huit spores. Les *Peziza* ont, au contraire, l'aspect d'une coupe sessile sur un mycélium relativement peu étendu. Ces espèces, outre les tubes ascosporifères, présentent des filaments à conidies, des *pycnides*, conceptacles particuliers qui contiennent des spores semblables aux conidies, mais souvent composées et qu'on appelle *stylospores*, des spermogonies, conceptacles intérieurs que nous connaissons déjà et qui renferment des spermaties. Dans beaucoup de ces plantes, les *Peziza* et les *Ascobolus*, en particulier, on a reconnu un mode de conjugaison assez semblable à celui que nous avons trouvé dans l'*Eurotium repens*. Un filament latéral, le pollinode, se recourbe et se conjugue avec l'asco-

gone ou avec un prolongement (*scolécite*) émané de cet organe, et, autour de l'ascogone fécondé, le périthèce s'organise.

Les *Botrytis* constituent un genre qui a avec les Pézizes des relations étroites. C'est ainsi que le sclérote fourni par le *Peziza Fuckeliana* produit, en se développant, le mycélium du *Botrytis cinerea* qui attaque les feuilles de la vigne. Ce qui prouve que les botanistes micrographes ont encore à faire de nombreuses recherches sur ces plantes dont plusieurs, sans doute, seront reconnues, comme les Æcidium, Uredo, *Sphacelia*, dont nous avons parlé, pour n'être que les phases successives du développement d'un même végétal.

Le *Botrytis bassiana* est le Champignon qui envahit le corps des vers à soie, émet son mycélium au dehors par les ouvertures des stigmates et vient former, à la surface du corps, une abondante moisissure composée de filaments enchevêtrés dont chaque extrémité se couronne bientôt d'un amas de spores blanches tachant les doigts comme de la craie. C'est la « muscardine », maladie qui attaque presque tous les Lépidoptères et peut se transmettre par le contact ou l'inoculation des spores à tous les insectes, ainsi que l'ont prouvé les expériences de Guérin-Méneville.

Enfin, une dernière classe de Champignons renferme ces singuliers Cryptogames qui, sous le nom de *Ferments*, ont la propriété de produire, par le fait même de leur végétation au sein de certains liquides, la décomposition ou le dédoublement de principes particuliers, contenus dans ces liquides, en des produits déterminés. Tout le monde connaît la levûre de bière qui, placée dans un liquide sucré, contenant en même temps une matière azotée, comme les jus de fruits ou le moût de bière, décompose le sucre en alcool et en acide carbonique, ce qui constitue la fermentation alcoolique. Ce Champignon microscopique, le *Torula cerevisiæ*, est formé par une cellule unique, arrondie, de $0^{mm},004$ à $0^{mm},007$ de diamètre, contenant quelques granules, qui, en bourgeonnant, produit d'autres cellules semblables. Celles-ci peuvent rester associées à la cellule mère et former ainsi des chapelets plus ou moins longs, mais elles peuvent aussi se séparer et produire, à côté, d'autres chapelets semblables ; grâce à ce procédé sommaire de reproduction, la levûre

se multiplie avec une grande activité, quand elle trouve des conditions de température et de milieu favorables à son développement. Mais si la nourriture est insuffisante, ces cellules que l'on peut considérer comme des mycéliums formés d'un seul filament court, grossissent notablement, et leur protoplasma intérieur se groupe en un, deux, trois ou quatre corpuscules qui sont des spores, car, placés dans un milieu convenable, ils reproduisent les cellules du *Torula* et se multiplient par bourgeonnement.

Ces dédoublements moléculaires sont nombreux et, à côté de la fermentation alcoolique, il faut placer les fermentations acétique, lactique, butyrique, benzoïque, ammoniacale, qui se produisent sous l'influence de divers corpuscules organisés analogues au *Torula cerevisiæ*, corpuscules dont l'atmosphère transporte d'innombrables milliards (1). Quelques-uns de ces corpuscules ont été reconnus et classés, en effet, dans l'espèce qui nous occupe, mais il semble à peu près démontré aujourd'hui que les spores de beaucoup de Champignons plus développés, notamment celles des *Aspergillus*, des *Penicillium* et de beaucoup de moisissures, peuvent agir comme ferments. Les spores de toutes ces espèces, infiniment ténues, sont répandues avec une telle profusion dans la nature que l'on s'étonne qu'il y ait place dans le monde pour d'autres êtres que les Champignons et leurs mycéliums. Heureusement que le mode particulier de leur développement exige, de la part du milieu dans lequel tombent leurs éléments reproducteurs, des conditions spéciales qui ne sont pas toujours réalisées, ce qui condamne l'immense majorité de ces organismes à périr sans avoir pu germer.

Ce tableau ne serait pas complet si nous ne citions, au moins, quelques Champignons microscopiques qui vivent sur ou même dans l'homme et les animaux. De ce nombre sont l'*Empuza muscæ* qui se développe, à l'automne, sur l'abdomen des mouches qu'on trouve mortes sur les murs et les vitres, le corps gonflé et couvert d'une efflorescence blanche répandue tout autour d'elles, efflorescence

(1) On trouve, dans la poche stomacale des vers à soie atteints de *flacherie*, un ferment composé d'infiniment petits granules disposés en chapelets qui semblent constituer un des éléments constant de la maladie. (Voir J. Pelletan, *Le microscope appliqué à la Sériciculture*. — 1 vol. in-8°, Paris, 1875.)

constituée par les sporules du Cryptogame ; le *Laboulbenia pilosella* quiforme des sclérotes, longs d'un centimètre et plus, sur les élytres des coléoptères et sur le dos des chenilles ; l'affreux *Achorion Schœnleinii* qui constitue la teigne et envahit le bulbe des cheveux, puis les cheveux et le cuir chevelu, de son mycélium parfaitement reconnaissable sous un grossissement de 300 diamètres, et de ses sporidies mesurant $0^{mm},007$ à $0^{mm},008$, sporidies dont on retrouve, dans la matière faveuse, des chapelets entiers (fig. 162) ; le *Trichophyton tonsurans* qui produit l'herpès tonsurant et dont le mycélium se détruit rapidement, mais laisse d'innombrables spores ; le *Microsporon furfur* qui produit le pityriasis ; l'*Oidium albicans* du muguet, que l'on trouve, avec ses tubes et ses spores, mêlé à une Algue filamenteuse, parasite de la bouche, le *Leptothrix buccalis* (fig. 163).

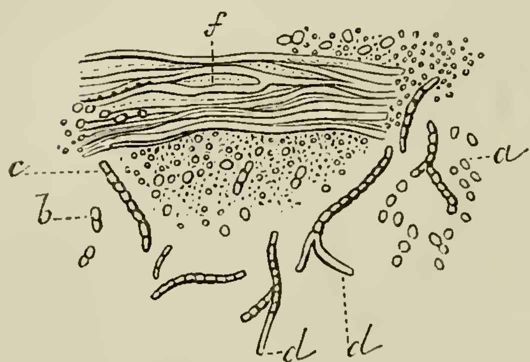


Fig. 162. — Champignon de la teigne (*Achorion Schœnleinii*).

a, b spores ; *c*, chapelets de spores ; *d*, tubes sporifères vides ; *f*, mycélium.

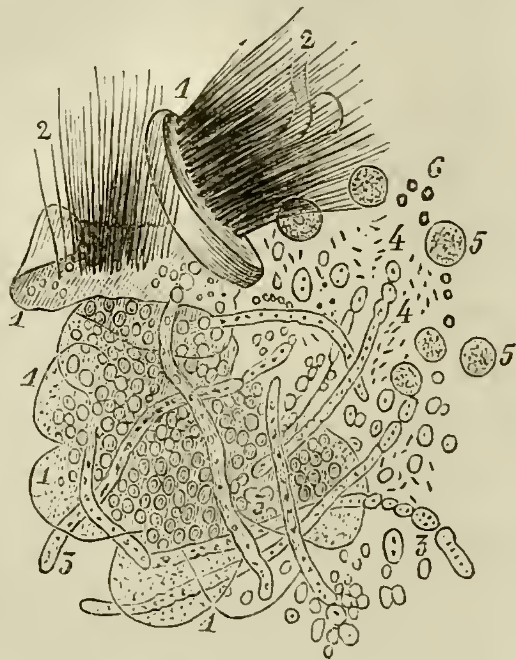


Fig. 163. — Champignon du muguet (*Oidium albicans*).

1, plaque d'épithélium ; 2, *Leptothrix buccalis* (Algue parasite de la bouche) ; 3, spores et filaments sporifères d'*Oidium albicans* ; 4, vibrions ; 5, 6, leucocytes, globules graisseux, etc.

La *Sarcine* (*Merismopedia ventriculi*) est un Champignon assez singulier que l'on rencontre très-fréquemment dans les matières des vomissements et les fécès des personnes atteintes de diverses maladies de l'estomac. Il ne paraît pas, d'ailleurs, produire dans l'économie de notables désordres. Il se présente sous forme de cellules carrées, disposées en groupes rectangulaires de 4 à 64 cellules, résultant évidemment d'une multiplication par division successive

dans tous les sens. Ce Cryptogame ressemble assez à certaines Algues volvocinées; mais ne pouvant vivre que dans les matières en décomposition du tube digestif, il doit être rangé parmi les Champignons inférieurs. On ignore, d'ailleurs, son mode de reproduction (fig. 164).

L'intestin des insectes, et surtout des insectes herbivores, renferme aussi un grand nombre de Champignons microscopiques offrant les formes les plus variées, et particulièrement l'*Enterobryus spiralis* qui produit un tube mycélien enroulé en spirale, plusieurs fois cloisonné, et dont la dernière cellule ne parait être qu'un asque plein de spores. On connaît plusieurs espèces de ce genre dont les parties sont assez bien différenciées. Plusieurs se trouvent dans le corps des myriapodes et particulièrement des *Iules*.

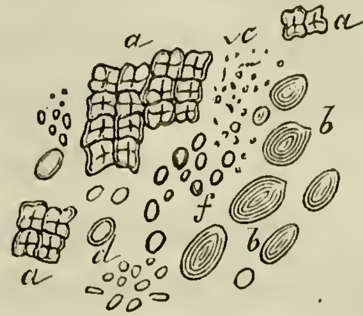


Fig. 164. — Sareine de l'estomac. (*Merismopedia ventriculi.*)

Produits de vomissements: *a*, cellules de Sarcine; *b*, amidon; *c*, vibrions; *d*, spores diverses; *f*, globules graisseux.

Préparation. — L'étude des Champignons microscopiques est quelquefois assez délicate. Le mycélium alors même qu'il est superficiel, est difficile à enlever en bon état; les filaments se collent les uns aux autres et forment, si l'on n'agit avec la plus grande précaution, un magma confus et qu'il n'est pas aisé de débrouiller avec l'aiguille, surtout lorsqu'il s'agit des moisissures. Il faut toujours avoir soin, dans ce cas, de placer le fragment de mycélium, qu'on a enlevé délicatement avec la pince ou les ciseaux, dans une goutte d'eau ou de glycérine préparée d'avance sur le porte-objet. Pour les grandes espèces, la préparation est beaucoup plus facile et l'on peut presque toujours étudier assez facilement le mycélium, après l'avoir débrouillé sous la loupe, avec une aiguille, afin de suivre quelques filaments dans toute leur longueur, examiner s'ils sont ou non cloisonnés et quelle est leur terminaison.

Quant aux endophytes, il faudra le plus souvent faire des coupes minces, dans divers sens, sur les plantes qui leur servent de support. Quelquefois, même, on devra faire chauffer ces coupes dans une dissolution de potasse pour ramollir le parenchyme et suivre les fila-

ments mycéliens dans leur parcours à travers les cellules. En plongeant ensuite la préparation dans une solution de carmin, la matière colorante se condense dans les filaments des Cryptogames que l'on peut ainsi suivre dans leur trajet à travers les tissus.

La solution de carmin peut rendre de grands services dans l'étude des Champignons, parce qu'elle colore leurs tissus avec intensité et met en évidence leur différenciation.

Les gros Champignons basidiomycètes ou ascomycètes ne présentent pas de sérieuses difficultés à l'étude. On peut pratiquer facilement des coupes longitudinales et transversales dans les diverses parties du réceptacle, et se rendre très-aisément compte de la disposition des asques et des basides. On trouve presque toujours sur le même mycélium, des réceptacles fructifères de divers âges qui montrent le mode de développement des parties.

Pour l'étude des organes reproducteurs et des différentes phases de la végétation, elle n'est souvent possible qu'à la condition de faire des cultures en semant les spores sur une lame de verre, comme nous l'avons décrit à propos des Fougères, sur du sable humide ou sur les plantes qui servent de nourriture aux parasites. La germination se fait ordinairement assez vite et facilement, mais il faut beaucoup d'attention et de soins pour obtenir le développement complet de certaines espèces avec tous leurs systèmes de spermogonies, sporidies, conidies, chlamydospores, stylospores, téleutospores, ascospores, etc., etc., qui concourent souvent sur une même espèce. Un écueil très-difficile à éviter dans ces cultures, est la formation de moisissures adventives développées sur les Champignons qu'on cultive et dont les myccéliums, absolument semblables, se mêlent à celui-ci. Si bien que, tout à coup, on voit apparaître des fructifications inattendues qui appartiennent au parasite des Champignons et qui peuvent induire en erreur les observateurs les plus experts, s'ils ne sont pas profondément versés dans la connaissance de ces plantes, lesquelles s'enchevêtrent souvent au point qu'il est absolument impossible de reconnaître ce qui appartient à chacune d'elles.

On peut, d'ailleurs, produire certaines espèces d'emblée, en plaçant dans des conditions convenables de température et d'humidité

les matières qui leur servent de nourriture. En jetant quelques mouches dans un verre d'eau, on voit au bout de quelques jours se former sur elles un duvet blanchâtre, qui est le *Saprolegnia ferax*, dont le développement se poursuit rapidement, jusqu'à la formation des zoospores, quelquefois en une ou deux heures. On peut quelquefois assister à la fécondation des organes sexués par les anthérozoïdes dont la longueur ne dépasse pas $0^{mm},004$.

Sur les cerises fermentées, les compotes de fruits abandonnées dans des lieux humides, se forment en vingt-quatre heures des *Eurotium* fort curieux, dont nous avons décrit les diverses phases. Sur les poires blettes et les pommes pourries, on trouve, en petites touffes blanches, des *Rhizopus* sur lesquels on peut étudier la conjugaison et la formation des zygospores. Toutes les moisissures, d'ailleurs, que l'on peut trouver sur les matières organiques en décomposition, celles dont on peut provoquer la formation, sur le pain mouillé, les fruits, les citrons, la colle de pâte, fourniront une ample moisson d'*Aspergillum*, *Penicillium*, et de Mucorinées. D'autre part, il n'est guère de plantes, à commencer par les céréales, où l'on ne trouve quelques exemplaires d'Urédinées aux divers états de développement. Dans les bois enfin, on trouve tous les grands Champignons dont l'étude, sous cette forme au moins, est facile.

L'examen de ces organes n'exige guère que des grossissements de 50 à 200 diamètres, avec les objectifs 1 à 2 de Nachet ou 4 de Hartnack, B,BB, C, de Zeiss, 4/10 de pouce de Beck, 1/2 de Swift, mais l'étude des spores et des ferments exige des amplifications de 300 à 800 diamètres pour lesquels les meilleurs objectifs n° 7 et 8 à immersion de Nachet, 10 et 13 de Hartnack, E, F, n° 2 et même n° 3 imm. de Zeiss, 10 de Vérick, 1/16 p. de Pow. et Lealand, 1/12 p. de J. Swift sont souvent nécessaires.

III. — Les Lichens.

Nous avons peu de choses à dire de cette famille dont les représentants sont aujourd'hui en voie de déchoir de leur rang de plantes autonomes. En examinant les végétaux qui croissent sur les écorces

d'arbres, sur les pierres, dans les lieux humides, on avait constaté depuis longtemps l'existence, dans leurs tissus, de cellules, isolées ou réunies en groupe ou en chapelet, d'une couleur verte plus ou moins sombre, et que l'on considérait comme des organes de reproduction des *Lichens*. On les appelait *gonidies*. Plusieurs botanistes et micrographes, Thwaites, de Bary, Tulasne, Famintzine, Baranetski, avaient reconnu une frappante analogie entre ces gonidies et les cellules qui constituent certaines de ces Algues inférieures qui se développent dans les mêmes lieux, *Nostocs*, *Cystococcus*, *Palmella* et beaucoup d'autres. On se trouvait donc dans cette alternative : ou ces dernières plantes, considérées comme des Algues d'espèce autonome, ne sont que des organes reproducteurs de Lichens, ou bien les Lichens eux-mêmes ne sont que des parasites vivant sur ces Algues qui ne sont point leur fructification. Les deux opinions ont été soutenues, mais, grâce aux travaux de M. Schwendener, il est maintenant reconnu que les gonidies sont bien des Algues parfaitement définies sur lesquelles se développent des parasites. Ces parasites sont des Champignons. Isolées, séparées, débarrassées du Champignon, les gonidies peuvent végéter, mais en Algues, se reproduire, fournir les zoospores qui leur sont propres, en un mot parcourir normalement toutes les phases de leur développement que le parasite, qui les enserrait dans son mycélium, avait jusque-là plus ou moins troublées.

Ces Champignons, en général ascomycètes, se choisissent ainsi certaines Algues, pour s'y fixer, comme d'autres choisissent les Graminées, les Composées, le Platane, la Vigne ou une autre plante ; l'ensemble d'un certain Champignon parasite et de son Algue nourricière constitue tel Lichen classé comme une espèce distincte et définie.

Non-seulement une étude anatomique du thalle de ces lichens permet, lorsqu'elle est faite avec les soins nécessaires et dans des conditions convenables, de distinguer le thalle de l'Algue et le mycélium du Champignon, mais on peut opérer inversement et, en semant les spores isolées du Champignon sur le thalle indépendant de l'Algue, obtenir pour résultat le Lichen (Rees).

On comprend, d'ailleurs, que le mélange, la pénétration du thalle

de l'une avec le mycélium de l'autre pourra se faire dans bien des conditions et modifier de bien des manières l'aspect du végétal composé qui en résulte. L'Algue, représentée par les cellules isolées ou réunies dites gonidies, peut y figurer pour une part égale avec les filaments du Champignon (*Lichens homéomères*) ; ou bien, elle peut y être très-réduite, le Champignon étant prépondérant, ou encore y dominer le Champignon n'étant que peu développé. Les gonidies peuvent ainsi rester groupées en une zone, ou *couche gonidienne*, diversement située dans le thalle du Lichen, et, par exemple, occuper une région moyenne enfermée, par-dessus et par-dessous, dans un mycélium organisé en pseudo-parenchyme plus ou moins compacte, formant même une couche corticale supérieure et une couche corticale inférieure (*Lichens hétéromères*).

La forme, la consistance, l'aspect du thalle des Lichens sera donc très-variable suivant ces cas : tantôt une expansion plus ou moins chlorophyllée ou polychrôme (les Algues renferment de la chlorophylle très-souvent mêlée à des matières colorantes diverses) ; des lames plus ou moins ramifiées, plissées, contournées, ou même des thalles composés de ramifications dressées et buissonnantes. La consistance de ces parties pourra être très-diverse, et l'on aura des Lichens *crustacés*, *foliacés*, et même des Lichens *mucilagineux*. Le mode d'accroissement du Lichen sera différent si c'est le thalle de l'Algue qui a l'accroissement le plus rapide et s'il domine, ou bien si c'est le mycélium du Champignon.

Certains Lichens ne forment que des thalles presque pulvérulents, d'autres des croûtes qui adhèrent si fortement au substratum qu'on ne peut les en séparer sans les déchirer. Ceux qui s'élèvent en ramifications buissonnantes sont, au contraire, peu adhérents. Presque tous, d'ailleurs, émettent, de leur partie inférieure, des filaments mycéliens qui servent de crampon à la plante pour la fixer, comme nous avons vu en émettre les Champignons épiphytes.

Si l'on fait une coupe verticale à travers le thalle d'un grand Lichen, un *Usnea*, un *Sticta*, un *Anaptychia*, etc., on y remarque d'abord, en raison de leur couleur, les gonidies, souvent disposées en couche régulière. C'est là le seul signe de la présence de l'Algue ; celle-ci ne fructifie jamais, son parasite troublant profondément

son développement. Les organes fructifères que l'on observe appartiennent toujours au Champignon ; aussi retrouve-t-on toutes les formes que nous avons étudiées en traitant des organes reproducteurs des Ascomycètes. Certains réceptacles se forment dans le tissu, sous la couche corticale, et sur une couche de pseudo-parenchyme sous-hyménien qu'on appelle ici *hypothécie*. Ces réceptacles, de forme arrondie, sont tapissés par un hyménium composé de paraphyses et d'asques contenant ordinairement 8 ascospores, mais quelquefois moins. Ces réceptacles finissent par rompre la couche corticale et apparaissent au dehors pour s'y ouvrir comme une coupe qu'on désigne, dans ces plantes, sous le nom d'*apothécie*. C'est, en réalité, le périthèce du Champignon. Par un effet d'hygrométrie, les asques se rompent et répandent leurs spores. Mais on y retrouve aussi les conceptacles souvent en forme de bouteille, ouverts à l'extérieur et laissant passer un pinceau de poils, tapissé de *stérigmates* portant des spermaties ; ce sont des spermogonies ; puis des *pycnides*, autres conceptacles dont les stérigmates portent de plus grosses spores, les *stylospores*. Et enfin, des gonidies, c'est-à-dire des cellules de l'Algue nourricière qui sont expulsées du thalle, isolées ou groupées, et qui, entrelacées de filaments de mycélium, deviennent, par le fait, des organes de reproduction, car semées dans des conditions favorables, elles continuent (mais ne reproduisent pas dans le sens physiologique de ce mot) l'Algue dont elles sont un fragment et le mycélium dont elles sont recouvertes. Dans cet état, ces gonidies prennent le nom de *sorédies*.

Les seuls organes de reproduction réelle dont, à ce que nous croyons du moins, on ait jusqu'ici constaté le mode de développement sont les ascospores de certains Champignons-Lichens (les *Megalospora*, *Pertusaria*, etc.). Celles-ci émetttent par leur endospore, non pas un seul, mais un très-grand nombre de filaments mycéliens.

Préparation. — Les Lichens, en raison de la nature coriace de beaucoup de leurs espèces ou de la consistance gélatineuse de leur tissu, quand on les fait ramollir dans l'eau, sont souvent très-difficiles à préparer de manière à permettre une étude suffisante sous le microscope.

Les Lichens crustacés qui ne deviennent pas gélatineux par l'action de l'eau pourront être examinés soit après une immersion de quelques heures dans l'eau froide, soit après une ébullition plus ou moins prolongée dans la potasse. On arrivera ainsi à en débrouiller les filaments mycéliens désunis, avec l'aiguille, sous la loupe ou le microscope simple. Des coupes pourront être faites entre deux lames de sureau, et l'on observera les rapports du mycélium avec les éléments de son Algue, les gonidies, qu'il enveloppe, enserre, mais sans pénétrer dans les cellules. On constatera ainsi qu'en traitant la préparation par le chlorure de zinc iodé, les gonidies seules bleuissent (et quelquefois la paroi des asques). On reconnaîtra les stylospores simples ou composées, suivant l'espèce, dans les pycnides ; les spermaties dans les spermogonies ; enfin, les apothécies, ouvertes en cuvette, à la surface, présenteront un curieux sujet d'examen sous un faible grossissement avec le paraboloïde de Wenham ou un champ noir quelconque. Avec de plus forts grossissements, on reconnaîtra les paraphyses, et les asques pleins d'ascospores.

Toutes ces observations se feront, d'ailleurs, comme pour les Champignons, mais on aura, de plus, un champ d'études considérable et tout nouveau encore à parcourir, dans les essais de reproduction de Lichens par voie synthétique en semant les spores des Champignons sur le thalle d'Algues inférieures élevées à part. En choisissant des Algues appartenant aux groupes des *Sirosiphonées*, *Rivulariées*, *Scytonémées*, *Nostochinées*, *Chroococcacées*, *Confervacées*, *Chroolépidées*, *Palmellacées*, on reproduira un grand nombre des Lichens connus foliacés, crustacés et fruticuleux (1).

(1) Depuis que ces lignes ont été écrites, des observateurs, très-compétents, ont opposé à la doctrine du parasitisme des Champignons sur les Algues pour constituer les Lichens des objections qui paraissent sérieuses. J. P.

CHAPITRE XIII

LES MYXOMYCÈTES

Nous arrivons, avec le groupe nombreux des Myxomycètes, Myxogastres ou Mycétozoaires, à une famille d'êtres qui peuvent compter parmi les plus curieux et les plus extraordinaires qu'il soit donné au naturaliste de rencontrer et au micrographe d'examiner.

Qu'on se figure des amas, petits comme une tête d'épingle, ou larges comme une assiette, d'une gelée molle et blanchâtre, qui se forment sur les bois pourris, les feuilles mortes, les écorces, les tas de tan dans les tanneries, prenant les formes les plus variables, gelée vivante, se mouvant même ; c'est là toute la plante dans sa période de végétation. Ici, plus de tissu, plus de filaments, plus de cellule, plus de membrane ; c'est du protoplasma pur et libre, vivant et se mouvant en raison des forces qui sont en lui.

Ces masses de protaplasma rampent sur les corps qui leur servent de support, montent le long des troncs d'arbres, ou s'insinuent dans le tissu du bois et des plantes, circulent à travers les pores et les lacunes, puis sortent pour venir fructifier à la surface ; — alors elles s'arrêtent.

Car ces êtres extraordinaires fructifient, et c'est par là seulement qu'ils se rapprochent des Champignons, et particulièrement des Gastéromycètes, Truffes ou Lycoperdons.

Tantôt, sur la face supérieure de l'un de ces amas gélatineux, se développent des vésicules de un à trois millimètres de diamètre, rondes ou ovoïdes, pédicellées ou sessiles, ou bien des tubes horizontaux plus ou moins longs : ce sont des sporanges. Ils sont jaunes, rouges, bruns ou violets ; leur paroi ressemble à la membrane cellulaire des plantes supérieures, elle présente des épaississements, des stratifications formant différentes dispositions. Le plus souvent, dans ce sporange, on trouve un organe singulier, faisant fonction d'élatère et qu'on appelle *capillitium*. C'est un réseau de tubes capillaires dont la paroi, mince, porte des épaississements spiralés. Ce

réseau, comprimé et resserré dans le sporange, se détend et se redresse à la maturité, brise la membrane du sporange et sort en entraînant les spores, sous forme d'un réseau souvent vingt fois plus considérable que le réceptacle, très-élégant d'aspect et qui figure, sur le sporange ouvert, comme une de ces enseignes de cabaret où l'on voit un verre à boire couronné d'une immense pyramide de mousse avec cette inscription : « Bière double de mars ».

Tantôt, — et le champignon de la tannée, l'*Æthalium*, dit *tannée fleurie*, est dans ce cas, — le fruit est une galette large de 20, 25 et 30 centimètres, épaisse de 2 ou 3, recouverte d'une membrane rugueuse, jaune, puis brune, formée par des tubes entremêlés et feutrés, remplis de granules calcaires, et qui dépasse les bords du gâteau pour s'étendre sur le support. Cette galette est elle-même pleine de tubes feutrés, enchevêtrés, anastomosés en un inextricable réseau et qui sont gorgés de spores grisâtres.

D'autres fois encore, le fruit, recouvert par une double enveloppe papyracée, ressemble aux Lycoperdons. Cette enveloppe est formée de deux couches, l'une, externe, composée de tubes feutrés qui paraissent ponctués et réticulés, l'autre, interne, brunâtre, lamelleuse et stratifiée. Le capillitium est développé et formé par des tubes de la membrane externe qui se replient dans l'intérieur du fruit.

Les spores de toutes ces plantes sont réticulées, mamelonnées ou hérissées de pointes. Elles conservent très-longtemps leur propriété germinative. Mais leur germination est des plus bizarres. Imbibée d'eau, la spore se rompt, et tout le protoplasma s'en échappe, informe d'abord et comme une matière répandue. Mais quelques instants après, on s'aperçoit qu'il s'arrondit, puis s'allonge et, tout à coup, que l'une de ses extrémités, effilée, s'est munie d'un long cil. C'est une zoospore qui se met bientôt en mouvement et, soit en tournant sur son axe, soit en rampant comme un amibe, va et vient pendant plusieurs jours. Mais si l'on peut la suivre dans ses mouvements, on voit que, plusieurs fois, elle s'arrête, s'étrangle et se divise en deux zoospores qui s'en vont chacune de son côté, — et chacune va se diviser encore. La nature semble craindre, alors, qu'il n'y ait pas assez de Champignons dans ce

monde, et après avoir donné à ceux-ci un sporange qui renferme des nombres incalculables de millions de spores, elle a encore permis à chacune de ces spores de s'animer et de se multiplier sous cette forme, pour se répandre davantage, et afin que chacune des gouttes d'eau qui sont sur la terre puisse nourrir au moins son Champignon.

Mais voici qu'au bout de quelques jours, toutes ces zoospores ainsi divisées n'ont pas trouvé à s'éloigner suffisamment les unes des autres. C'est en vain que la féconde nature espérait les disséminer : l'occasion, la pluie, le vent, ont, par hasard, manqué. Alors, parcimonieusement, elle récolte tous les germes menacés de perte pour grossir d'autant ceux qui vont se développer. Quelques zoospores, cessant de voyager en tournant sur elles-mêmes, se mettent à ramper comme des amibes, envoyant de ci, de là, des prolongements de toutes formes sur lesquels elles se hâlent en se contractant, à droite, à gauche, en arrière, en avant ; elles envoient même des espèces de tentacules. Et, cheminant ainsi, elle se rencontrent. Toutes celles qui se touchent, fusionnent et se réunissent en amas informes de matière vivante, des *plasmodies*. Et les plasmodies se mettent en marche, toujours par le procédé des amibes, recueillant, pour se les incorporer, toutes les zoospores errantes, amibiformes ou autres, qu'elles rencontrent. Quelques-unes atteignent ainsi une taille de 10 ou 15 centimètres de diamètre. Elles s'accroissent, d'ailleurs, très-rapidement, englobant dans leur substance tous les corps solides qu'elles trouvent sur leur chemin. Est-ce ainsi qu'elles se nourrissent, comme le pense M. de Bary, qui, inclinant à les considérer comme des animaux, a appelé ces singulières productions *Mycétozoaires ?*

Cependant, ce sont bien des végétaux. Le protoplasma libre qui les constitue à cet état, ne présente, en somme, quoique sur de plus larges proportions dans les grandes espèces, que les mouvements dont il nous donne de fréquents exemples dans les cellules des plantes supérieures. On y remarque des courants intérieurs dans divers sens qui entraînent les granulations protoplasmiques ; et, d'autre part, les zoospores et les anthérozoïdes des autres Cryptogames ne sont que du protoplasma, c'est-à-dire cette matière

première avec laquelle la nature fabrique tous les êtres vivants et qui, au nombre de ses merveilleuses propriétés, possède la motilité.

Mais quant aux Myxomycètes, ce n'est pas tout encore. Après toutes les précautions prises par eux pour que leurs spores se disséminent et ne se perdent pas : émission par un énorme capillitium, multitude des spores, fractionnement de celles-ci et transformation en zoospores, récolte des zoospores inutilisées, déambulation des plasmodies, — ils ont encore recours à d'autres procédés pour atteindre le même but.

Si les zoospores tombent sur des surfaces où ne pourrait pas se développer la plante informe qu'elles doivent produire, elles s'enveloppent d'une cellule, *s'enkystent*, comme les animaux inférieurs. On les appelle alors *microkystes*, et, sous cette forme, elles peuvent subir le chaud, le froid, la sécheresse, pendant de longs mois, sans périr pour cela. Qu'elles se retrouvent dans des conditions favorables, elles absorbent de l'eau, rompent leur kyste et se remettent en mouvement comme si elles étaient nées d'hier.

Mais que le même accident arrive à une plasmodie déjà formée ; qu'elle se trouve sur une surface inhospitalière, elle va périr et périr tout entière, si les circonstances ne changent pas. Aussi, se fractionne-t-elle en un grand nombre de granules, — le plus possible ; comme si chacune des spores composantes se séparait de la communauté pour braver individuellement les hasards de la vie et multiplier les chances de réussite. Chacun de ces granules s'enferme dans un *kyste solide*, et il ne faut plus qu'un coup de vent pour que toute la plasmodie soit dispersée et transportée par miettes dans des lieux plus propices au développement de la plante qui d'une est redevenue million.

Et les grandes plasmodies déjà anciennes et près de se fixer, pour fructifier, en agissent de même. Parvenues sur une surface froide et sèche, inféconde, ces galettes jaunâtres ramassent tous les bras et les prolongements qui leur servaient à ramper, s'arrondissent en un sclérote, plaque cireuse, tuberculeuse, formée de millions de petites cellules qui sont autant de kystes qui s'isolent ; — et ceux-ci, retrouvant un jour l'humidité et la chaleur propices, résorberont leur membrane pour se remettre en marche.

Et cela dure jusqu'au moment de fructifier. Alors, la plasmodie s'arrête, se solidifie, se recouvre d'une membrane rugueuse, calcarifiée, et prend la forme soit de plaques, soit d'excroissances de différents aspects, sur lesquelles se développent les curieux sporanges que nous avons décrits et qui rattachent bien évidemment les Myxogastres aux Champignons. La plasmodie nous apparaît alors comme un mycélium simplifié qui s'est débarrassé de toute membrane limitante et de toute forme définie, pour se réduire à sa partie essentielle, formatrice de tout ce qui vit, le protoplasma.

Préparation. — Les Myxomycètes se traitent comme les Champignons. Les plasmodies des petites espèces (*Physarum*, *Trichia*, *Stemonites*) peuvent être tout entières placées sur le porte-objet, dans une goutte d'eau. Celles des grandes espèces (*Æthalium*, *Spumaria*, *Lycogala*) seront divisées. Quant aux sporanges, on les prépare comme ceux des autres Cryptogames.

CHAPITRE XIV

LES ALGUES

Les Algues constituent une immense famille de plantes remarquables par la simplicité de leur structure. Composées de cellules, le plus souvent à peine différenciées les unes des autres, et quelquefois d'une cellule unique, elles peuvent néanmoins offrir les formes les plus variées. Cette unique cellule formée d'un protoplasma chlorophyllé, enveloppé d'une membrane cellulaire, qui compose les Algues inférieures, Protophytes, *Protococcus*, etc., peut vivre isolée, se multipliant par division binaire, chacun des deux individus ainsi formés se séparant immédiatement l'un de l'autre. Ou bien ces deux cellules restent associées, enveloppées qu'elles sont dans une couche mucilagineuse sécrétée à leur surface extérieure ; et ainsi, la division binaire se poursuivant dans un seul sens, la génération continuelle de nouvelles cellules placées les unes à

côté des autres constitue bientôt un filament. Celui-ci n'est pas *une* plante, mais *une famille* de plantes réunies par une enveloppe mucilagineuse, pouvant d'ailleurs vivre séparément, l'association n'étant pas absolument nécessaire à ces éléments dont chacun est semblable à l'autre et complet (*Diatomées*).

Mais, d'autres fois, les cellules, en se multipliant, forment un véritable filament pluricellulaire, un tube cloisonné dans lequel déjà se remarque une certaine différenciation, l'allongement du tube se faisant le plus souvent par une cellule spéciale, la cellule terminale du filament (*Oscillaria*, *Spirogyra*).

Ces filaments peuvent se grouper, tout en restant distincts, de manière à former une touffe (*Rivularia*), ou se souder latéralement les uns aux autres pour constituer une sorte de plaque (*Coleochæte scutata*). Les cellules d'un filament tubulaire peuvent se subdiviser longitudinalement et composer un filament plurisérié, un ruban, ou des expansions frondacées formées d'une ou plusieurs couches de cellules (*Ulva*, *Fucus*). La division de la cellule primitive peut se faire dans divers sens, mais dans un même plan, de manière à former soit un disque (*Pediastrum*), soit une surface diversement contournée, disposée, par exemple, en forme de sac (*Hydrodictyon*).

Mais dans les Algues supérieures, les *Fucacées*, les *Floridées*, la différenciation des cellules est plus marquée, le végétal forme des expansions foliacées dans lesquelles on reconnaît un axe qui se subdivise soit par ramifications latérales, soit par dichotomie, et peut acquérir en avant d'énormes dimensions, tandis que la partie inférieure s'organise en crampons, ou rhizoïdes, qui ont pour seules fonctions de fixer la plante à un support solide. Le tissu forme alors un véritable parenchyme, composé de cellules entre lesquelles règne souvent une sorte de matière intercellulaire douée d'une grande tendance à se transformer en mucilage, et interrompu souvent par des lacunes aérifères, destinées à servir de vessies natatoires à ce thalle lourd et gorgé de sucs, pour le faire flotter à la surface des eaux.

Nous avons dit ailleurs que les Algues sont souvent très-diversement colorées, soit en vert bleuâtre, soit en bleu, comme les *Nos-*

tochinées, les *Chroococcacées*, soit en brun comme les *Fucacées*, soit en rouge ou en violet comme les *Floridées*. Ces nuances sont dues, nous le répétons, à des matières colorantes particulières (*phycocyanine*, *phycoxanthine*, *phycoérythrine*), mélangées à la chlorophylle et dont M. Millardet a pu mettre plusieurs en liberté (1). Les Algues, en effet, sont toujours chlorophyllées et c'est, nous l'avons dit aussi, ce qui distingue certaines de leurs espèces les plus simples de plantes, très-analogues et non moins simples, qu'on a classées parmi les Champignons parce qu'elles ne renferment pas de chlorophylle. Grâce à la matière verte, les Algues, sous l'influence de la lumière, décomposent l'acide carbonique de l'air dissous dans l'eau, pour absorber le carbone et éliminer l'oxygène ; elles se suffisent à elles-mêmes, et si elles se fixent sur les corps humides ou submergés, ou même sur certaines autres plantes, ce n'est que pour s'y attacher, mais elles ne vivent pas à leurs dépens et ne sont jamais parasites.

La reproduction des Algues se fait, comme chez les plantes dont nous nous sommes occupés précédemment, de deux manières différentes : par spores asexuées, c'est-à-dire naissant sans fécondation d'aucune sorte, et par spores sexuées ou plutôt provenant d'une fécondation (ce sont alors des oospores), ou d'une conjugaison (ce sont des zypospores).

Dans les Algues vertes, c'est-à-dire celles où la chlorophylle n'est pas masquée par une autre matière colorante, les spores asexuées sont, le plus souvent, des zoospores munies de deux ou de plusieurs cils vibratiles. Presque toujours, ces cellules mobiles se forment par la condensation et le groupement sur nouveau plan du protoplasma de certaines cellules, par la mise en liberté, après la rupture de la membrane, de ce protoplasma, nu et sans enveloppe, à l'état de cellule primordiale. Une des extrémités de cette cellule est ordinairement hyaline, c'est celle qui porte les cils et qui se dirige en avant pendant le mouvement de la zoospore, celle qui se développera en crampons ou rhizoïdes quand le mouvement aura cessé et que les cils seront tombés. L'autre extrémité, plus renflée, verte,

(1) Millardet et Kraus, *Comptes rendus des l'Acad. des sc.*, t. LXVI, 1868, p. 505.

postérieure pendant le mouvement, est celle qui produira le filament végétatif de la nouvelle plante. Quelques espèces produisent des zoospores de deux sortes, les unes à deux les autres à quatre cils, ou bien des *macrozoospores* et des *microzoospores* (*Conferves*, *Ulothrix*).

Les spores asexuées, immobiles, se forment dans des conditions analogues et, sauf le mouvement dont elles ne sont pas douées, ont les mêmes propriétés que les zoospores des Algues vertes. Dans les Floridées, elles se forment quatre par quatre dans les cellules mères, comme les grains de pollen, et prennent le nom de *tétraspores*.

Les spores asexuées, mobiles ou immobiles, reproduisent immédiatement un nouveau végétal, et c'est quelquefois seulement après une série de reproductions semblables que l'on voit apparaître les organes sexuels, anthéridies et oogones, qui doivent donner naissance aux oospores. Dans les Floridées, l'oogone est remplacé par un organe plus complexe, le *cystocarpe*, dont nous parlerons plus loin.

Les oospores subissent ordinairement un assez long temps de repos avant de germer, et durent souvent de l'automne au printemps. Parfois même, elles ont besoin de subir une dessiccation plus ou moins complète. Beaucoup, en germant, au lieu de produire un filament végétatif ou un thalle, produisent une ou plusieurs zoospores qui se comportent comme les premières, et germent en fournissant un nouveau végétal. Ce procédé indique une sorte d'alternance de végétation. L'un des systèmes de végétation, système né de la zoospore asexuée, est l'Algue elle-même ; l'autre, né de l'oospore, est interne à cette dernière, résulte d'un nouveau groupement de son protoplasma et se résume à la production des secondes zoospores.

Les anthéridies sont formées d'une cellule ou d'un groupe de cellules, comme dans les Cryptogames que nous connaissons déjà, et renferment des anthérozoïdes semblables aux zoospores, mais beaucoup plus petits. Ils n'ont jamais la forme d'un filament en spirale, mais sont ovoïdes et portent ordinairement deux cils en avant, mais souvent un en avant et l'autre en arrière (*Fucus*) ou

une couronne de cils en avant (*Ædogonium*). La fécondation s'opère par différents procédés dont nous citerons quelques exemples.

Quant à la conjugaison, c'est dans les Algues que nous la voyons apparaître comme le mode le plus général de reproduction. Nous savons qu'elle consiste en la réunion de deux cellules voisines prises sur un même individu ou sur deux individus séparés, cellules en apparence identiques, qui fusionnent leur protoplasma, soit dans l'intérieur de l'une d'elles, soit dans un tube de jonction établi entre elles, pour former une cellule primordiale nouvelle qui est la zygospore. Celle-ci ne germe ordinairement aussi qu'après un long repos (fig. 95).

Enfin, si nous voyons apparaître, dans cette famille, la mobilité de la cellule germinative, ou spore, comme un phénomène ordinaire et normal, tandis que nous ne l'avons rencontrée qu'accidentellement, pour ainsi dire, dans les groupes végétaux que nous avons étudiés jusqu'ici, nous allons assister, encore pour la première fois, à un phénomène beaucoup plus extraordinaire, celui de la plante tout entière douée de mouvements divers souvent comparables aux mouvements volontaires des animaux, si bien que beaucoup de ces plantes, ordinairement très-simples dans leur structure, ont été longtemps classées à côté des Infusoires dans le règne animal. Aujourd'hui même, bien que la mobilité ait cessé d'être considérée comme un caractère important de l'animalité et, pour ainsi dire, sa dernière manifestation, beaucoup de ces organismes inférieurs sont considérés comme des végétaux par certains micrographes et, par d'autres, comme des animaux. Beaucoup, en effet, se trouvent placés à cette limite où la matière organisée, soit qu'elle prenne naissance, soit qu'elle sorte de combinaisons supérieures bien définies pour entrer dans d'autres combinaisons, ainsi que cela a lieu dans la fermentation et la putréfaction, hésite, pour ainsi dire, entre la forme végétale et la forme animale. C'est alors qu'elle produit ces êtres ambigus, animés mais végétants, qui occupent cette partie du domaine naturel où les règnes ne sont plus distincts.

Néanmoins, nous avons dans la composition chimique un guide qui, pour n'être pas infaillible, puisque dans le groupedes Cham-

pignons il nous fait défaut, nous permet néanmoins de classer avec quelque probabilité un nombre considérable de ces êtres singuliers, matière dans laquelle la vie s'éveille. En effet, tout ce qui, soumis à l'action du chlorure de zinc iodé, prend la teinte bleue ou violette de la cellulose, peut être classé parmi les matières végétales, et, avec les Algues inférieures, nous en sommes réduits à n'avoir plus d'autre pierre de touche.

Dans le plus grand nombre de ses groupes, cependant, cette immense famille de plantes est l'une des mieux connues dans la structure des espèces qui la composent et dans les phénomènes de leur reproduction. Des travaux importants dus aux perfectionnements du microscope et aux patientes études d'infatigables chercheurs comme de Bary, Pringsheim, Thuret, Nägeli, etc., etc., sont en voie de modifier complétement les bases de la classification. Nous nous bornerons donc à décrire avec quelques détails plusieurs types importants, nous réservant d'insister davantage sur certains groupes, comme les *Desmidiées*, les *Diatomées*, les *Oscillariées*, qui sont pour le micrographe d'un intérêt tout particulier.

FUCACÉES. — Les genres qui composent ce groupe, les *Fucus* entre autres, sont des plantes composées d'un thalle souvent très-long, ramifié par dichotomie, fixé aux rochers marins par des crampons et coloré en brun plus ou moins foncé. Ces plantes présentent un mode de reproduction sexuée assez remarquable.

Anthéridies et oogones se développent dans des conceptacles, en forme de bouteille, situés à l'extrémité des rameaux, quelquefois dans le même conceptacle, quelquefois aussi dans des organes séparés. Le fond de ces conceptacles est tapissé de poils ou paraphyses qui sortent par l'orifice du conceptacle, figurant ainsi une grande spermogonie. Certains de ces poils sont rameux et portent des cellules arrondies qui sont des anthéridies. Entre eux, si le conceptacle est monoïque, se développent d'autres cellules sphériques, considérablement plus grosses, pleines d'un protoplasma sombre. Ce sont les oogones, dans lesquels il se forme une seule ou plusieurs oosphères. Lors de la maturité des oosphères, les oogones se détachent et sortent par l'ouverture du conceptacle. A cette

même époque, les anthéridies se sont détachées aussi, puis rompues et ont mis en liberté un nombre considérable d'anthérozoïdes munis d'un cil en avant et d'un cil en arrière. Ceux-ci se rassemblent autour des oogones dont la membrane se rompt à son tour, et met en liberté les oosphères auxquelles s'attachent des anthérozoïdes assez nombreux pour imprimer un mouvement de rotation, qui peut durer une demi-heure, à ces oosphères plusieurs centaines de fois plus grosses qu'eux (*Fucus vesiculosus*, *platycarpus*, etc.).

Les oosphères, devenues oospores et entourées d'une membrane cellulaire, sont de cellules qui germent immédiatement, sans période de repos, et fournissent un thalle semblable à celui sur lequel elles se sont formées.

Floridées. — Ce groupe, formé d'un très-grand nombre de genres et d'espèces, comprend des Algues élégantes douées des couleurs les plus vives et les plus riches. Leur thalle s'étale comme un bouquet de ramifications dichotomiques qui, examiné au microscope, se résout en cellules disposées régulièrement et contenant des granulations colorées semblant autant de rubis ou de grenats. Malheureusement, ces couleurs se conservent difficilement dans les préparations microscopiques.

Les Floridées sont presque toutes marines. Les *Batrachospermum*, cependant, sont de jolies Algues d'eau douce, composées d'un axe sur lequel sont, d'espace en espace, disposées des verticilles épais, formant une touffe sphérique d'un grand nombre de filaments composés eux-mêmes d'éléments en chapelet (*B. moniliforme*). L'axe, primitivement formé d'un seul rang de cellules bout à bout, est ultérieurement recouvert par des séries longitudinales de cellules, disposition qui rappelle ce que nous avons vu dans les *Chara*. Cette jolie petite plante vue sous un grossissement de 60 à 80 diamètres (obj. n° 1 Nachet), ressemble d'ailleurs par son aspect général à un *Chara* ou un *Myriophyllum* de grandeur naturelle.

Le système de reproduction asexuée se fait, chez les Floridées, par des *tétraspores*, c'est-à-dire des spores qui se forment quatre par quatre, dans des cellules mères, à l'extrémité des rameaux. Quelquefois, cependant, ces cellules mères ne produisent qu'une spore ou deux, ou un plus grand nombre. La reproduction sexuée

se fait par des anthéridies qui naissent à l'extrémité de petits rameaux spéciaux, dans le voisinage desquels se développe un organe particulier remplaçant l'oogone des autres Algues. Cet organe consiste en une sorte de papille, appelée *trichophore*, qui se termine par un poil court et raide, le *trichogyne* (1). Ce poil joue le rôle d'un style ou d'un stigmate, et c'est sur lui que sont portés les anthérozoïdes après la rupture de l'anthéridie. Ces anthérozoïdes, dans tout ce groupe, ne sont point mobiles et se présentent sous forme de petites cellules, dépourvues de cils vibratiles, et que le courant porte sur le trichogyne où ils se fixent pour se conjuguer avec lui. Alors, à la base du trichogyne, sur la partie latérale du trichophore, un massif de cellules se développe et c'est dans son intérieur que se forment les spores fécondées. On nomme cet organe *cystocarpe*.

Dans les *Batrachospermum* dont nous parlions tout à l'heure, il n'y a pas de tricophore, mais seulement un poil ou trichogyne, et c'est à sa base même que se développent d'autres ramuscules dont les cellules terminales se séparent, plus tard, sous forme de spores. Ces spores cystocarpiennes ne paraissent pas, d'après M. Sirodot, reproduire, en germant, un *Batrachospermum*, mais d'abord une Algue qui présente les caractères d'un autre genre, un *Chantransia*, et c'est sur ce *Chantransia* que se développe plus tard un premier rameau de Batrachospermum, comme une Fougère sur son prothalle, ce qui constitue une alternance de végétation.

Les *Lemanea* sont encore de jolies petites Floridées formant des touffes d'un brun rouge composées de filaments unicellulaires de $0^m,007$ à $0^m,008$, sur les cailloux des ruisseaux à courant rapide ou sur la marge des chutes d'eau. Ce système végétatif, ou thalle, disparaît, après avoir produit des rameaux particuliers, fructifères, qui deviennent indépendants, se fixent, et portent les anthéridies et les trichogynes sur des renflements du système cortical. Ce système, très-curieux, est formé par des tubes en spirale qui tournent autour de l'axe central, puis par des lobes corticaux semblables à ceux des *Chara*, mais qui ne touchent pas l'axe et en sont séparés par un espace annulaire. Les renflements, souvent verticillés, al-

(1) Thuret, *Recherches de la fécond. des Alg.* (*Ann. des sc. nat.*, IVe série, 1855). — Thuret et Bornet (*Ann. des sc. nat.*, Ve série, 1867).

ternent avec les cloisons des articles de l'axe. Les anthéridies situées sur ces renflements émettent chacune un anthérozoïde immobile qui se conjugue avec le trichogyne. Le trichophore est situé sous l'écorce, dans l'espace annulaire. Après la fécondation, il émet, dans cette cavité même, des ramuscules moniliformes enveloppés d'une gaîne mucilagineuse. C'est le cystocarpe. Chacun des articles de ces ramuscules devient une spore qui n'est mise en liberté que par la destruction du rameau fructifère (Sirodot).

Confervacées. — Ces Algues, qui composent les filaments verts que nous voyons se former en grande quantité dans toutes les eaux douces stagnantes ou courantes, produisent, par des cellules quelconques du filament, des zoospores résultant d'une organisation du protoplasma en une ou plusieurs masses qui rompent la paroi et sortent. Elles ont deux ou quatre cils. Quelques espèces produisent des *macrozoospores*, qui germent immédiatement, et des *microzoospores* qui ne germent pas, mais se recherchent les unes les autres, se rassemblent deux à deux et se conjuguent, de telle sorte que chaque couple produit, par sa fusion, une oospore immobile. Un phénomène analogue se produit chez les *Ulvacées*, belles Algues marines d'un vert gai, formant des thalles lamineux et souvent crispés comme des feuilles de Laitue (*Ulva lactuca*), ou de longs rubans aplatis (*Laminaria*), composés d'une seule couche de cellules, ou des surfaces enroulées en tube (*Enteromorpha*). Les zoospores, qui naissent dans toutes les cellules du thalle, sont les unes grandes, à quatre cils, les autres petites, à deux cils. On sait peu de chose sur leur mode de développement et rien sur le système de reproduction sexuée de ces plantes.

Coléochætées. — Ces petites Algues, dont la plus grande taille atteint 2 millimètres, forment sur les plantes ou les corps submergés (notamment sur les Prêles), dans les eaux douces stagnantes, de petits disques fort élégants, composés de plusieurs ramuscules rayonnants qui se ramifient par dichotomie et restent isolés ou bien se soudent les uns aux autres. Toutes les cellules du thalle sont aptes à produire des zoospores, mais ce sont seulement les cellules terminales des ramuscules qui deviennent des anthéridies ou des oogones. Les anthéridies, en forme de bouteille, donnent

chacune un anthérozoïde ovale, muni de deux longs cils à sa partie antérieure. Ces corpuscules sont absolument semblables aux zoospores, mais quatre fois plus petits. Quant aux oogones, ils sont sphériques, portés sur un assez long pédicelle et terminés par un tube, en forme de col, par lequel s'échappe, lors de la maturité de l'oosphère, une goutte de mucilage. Le protoplasma de l'oogone s'organise en une seule oosphère et, après la fécondation, des ramuscules, nés à la base de l'oogone, l'enveloppent étroitement, se soudent avec ses parois et forment à l'oospore qu'il renferme un élégant revêtement coloré en brun foncé, revêtement que traverse le col de l'oogone. Au printemps suivant, l'oospore, qui s'est considérablement développée, fait éclater son enveloppe, se segmente en plusieurs cellules qui sortent bientôt sous forme d'autant de zoospores à deux cils ; celles-ci germent et reproduisent un Coléochæte.

Œdogoniées. — Les Œdogoniées sont encore des Algues vertes, filamenteuses, vivant dans les eaux douces stagnantes, accrochées aux corps submergées. Leurs rameaux ont une tendance à se terminer en une sorte de poils épineux (*Bulbochæte*). Leurs zoospores sont produites par une cellule quelconque d'un filament dont le protoplasma se contracte et sort par suite de la rupture de la cellule qui s'ouvre circulairement, comme une boîte, autour d'un épaississement annulaire de la paroi. La masse protoplasmatique expulsée est bientôt munie d'une couronne de cils à sa partie antérieure et hyaline. Bientôt elle germe et reproduit un filament végétatif.

Les anthéridies sont formées par un chapelet de 10 ou 12 cellules formant un petit rameau, dont chaque cellule, ou bien se subdivise en deux autres cellules, et chaque division met en liberté un anthérozoïde semblable aux zoospores, mais plus petit, ou bien émet, sans se diviser, un corpuscule particulier, ayant l'aspect d'une zoospore, mais qu'on appelle *androspore*. En effet, cette spore va se fixer sur la paroi externe de l'oogone, y germe et produit une petite plantule mâle, composée d'une anthéridie à deux cellules mères donnant chacune naissance à un anthérozoïde muni d'une couronne de cils. Ceux-ci sortent par l'extrémité de l'anthéridie qui s'ouvre latéralement, comme une boite. L'oogone, pendant ce temps,

s'est développé en une sphère pleine de protoplasma et de chlorophylle, d'où résulte une oosphère. L'oogone n'étant pas terminal, les cellules qui le surmontent se détachent et celui-ci forme une saillie au-dessus du tronçon, saillie qui représente un col, et se perce latéralement d'une ouverture par laquelle s'introduisent les anthérozoïdes.

L'oospore ainsi formée s'entoure d'une membrane, se colore souvent d'un rouge vif et reste incluse dans l'enveloppe de l'oogone. Celui-ci tombe et, au bout d'un temps de repos plus ou moins long, l'oospore se fractionne intérieurement en quatre cellules qui sont bientôt quatre zoospores. Ces quatre zoospores apparaissent au dehors encore enveloppées dans l'endospore et ne sont mises en liberté que par la destruction de cette membrane, pour se mouvoir pendant quelque temps dans l'eau, se fixer, puis germer en une plante nouvelle.

Siphonées. — Le mode de reproduction des Siphonées n'est guère bien connu que dans les espèces du genre *Vaucheria*, espèces qui présentent elles-mêmes de grandes variations sous ce point de vue.

Le thalle de ces plantes qui vivent sur les corps humides ou dans l'eau, est assez curieux, parce que, mesurant quelquefois 30 centimètres de longueur, ramifié de diverses manières, il n'est formé que d'une seule cellule sans noyau. L'extrémité de certaines ramifications se sépare seulement, par une cloison, pour produire une sorte de spore ou de propagule qui donne immédiatement de nouveaux filaments végétatifs, ou bien pour former un sporange qui se détache ou se détruit et met en liberté une spore qui germe. D'autres espèces (*V. sessilis*) produisent de même une grosse spore nue, chlorophyllée au centre, hyaline à la périphérie, sur toute la surface de laquelle naissent une multitude de cils très-courts. C'est une zoospore qui mesure souvent 1/2 millimètre de diamètre, et après quelques instants, une minute, de rotation, s'arrête, perd ses cils, s'enveloppe d'une membrane de cellulose et pousse, d'un côté, un crampon et, de l'autre, un tube germinatif. Il arrive que cette grosse spore ne peut pas toujours être mise en liberté dans son entier. Une moitié reste dans la cellule-sporange où elle s'arrondit

et se met à tourner quand même, pendant que l'autre moitié, arrondie aussi, tourne à l'extérieur. C'est, en général, pendant la nuit que ces phénomènes se produisent.

La reproduction sexuée s'opère par des papilles qui se séparent du thalle par une cloison à leur base, et dont les unes forment des oogones ovoïdes et les autres des anthéridies qui se contournent en forme de corne. La *cornicule* s'ouvre au sommet et expulse de petits anthérozoïdes munis d'un cil en avant et d'un cil en arrière. Pendant ce temps, l'oogone s'est ouvert sur le côté de son sommet, a expulsé une goutte de mucilage vert, et les anthérozoïdes pénètrent dans son intérieur, plein de granules de chlorophylle et de gouttes d'huile. L'oosphère, ainsi fécondée, s'enveloppe d'une double et même triple membrane, puis se colore en rouge plus ou moins foncé. En vingt-quatre heures, les anthéridies et les oogones se sont formées et la fécondation a eu lieu.

Ce groupe des Siphonées dont le thalle est unicellulaire se présente déjà sous une forme beaucoup plus simple que les Algues des groupes précédents. Les *Botrydium*, qui n'ont, pour ainsi dire, plus de ramifications, si ce n'est le crampon, et dont la cellule unique devient, en même temps, le sporange qui s'ouvre par dégénérescence gélatineuse, réalisent un type plus simple encore que les *Vaucheria*, et l'on voit que nous approchons des Algues dont toutes les cellules sont semblables ou qui sont formées de cellules isolées, simplement associées par un mucilage, mais, en somme, indépendantes et vivant chacune pour son propre compte.

Conjuguées. — Ces Algues filamenteuses, que l'on trouve dans tous les ruisseaux, sous forme d'un amas d'apparence glaireuse, mais constitué par une masse de filaments simples et tubulaires, sont celles sur lesquelles on observe le plus facilement le phénomène de la conjugaison auquel elles doivent leur nom. La zygospore produite peut prendre naissance dans l'une des cellules conjuguées (Zygnémées) ou dans le tube de communication (Mésocarpées), où elle se retranche entre deux cloisons.

Ces zygospores ne germent qu'après un long repos.

Beaucoup de Conjuguées sont remarquables par l'élégante disposition des grains de chlorophylle dans leur intérieur, tantôt en

spirales régulières, tantôt en masses isolées ou en lames axiles.

On ne connaît pas de zoospores à ces plantes qui s'accroissent, nous le savons, par division binaire des cellules qui les composent.

Parmi les Algues inférieures, quelques-unes méritent de la part des micrographes une attention toute particulière. Ce sont les Hydrodictyées, les Volvocinées, les Nostochinées, les Desmidiées et les Diatomées. Dans les trois premiers groupes nous ne citerons que quelques-uns des types les mieux connus.

Parmi les Hydrodictyées nous citerons d'abord l'*Hydrodictyon utriculatum*, composé d'un grand nombre de cellules chlorophyllées réunies en un réseau résistant, à mailles polyédriques, lequel réseau a la forme d'un petit sac. On le trouve dans les eaux dormantes.

A une certaine époque, le protoplasma de plusieurs cellules du réseau se contracte et se segmente en 2,000 à 7,000 zoospores munies de deux cils, *lesquelles se meuvent dans la cellule mère*. Ce sont des macrozoospores. Après une demi-heure de mouvement, elles s'arrêtent, se groupent en un réseau semblable à celui sur lequel elles sont nées et commencent à prendre un incroyable accroissement, car, au bout de trois à quatre semaines, la paroi de la cellule mère s'étant résorbée, elles ont augmenté 4 ou 500 fois de diamètre et reproduit un *Hydrodictyon* complet.

Mais d'autres cellules du premier réseau ont formé d'autres zoospores, des *microzoospores*, au nombre de 30,000 à 100,000, semblables aux grandes zoospores, munies comme elles de deux cils, mais beaucoup plus petites et qui subissent des phases bien autrement compliquées.

Elles sortent de la cellule mère rompue, nagent pendant deux ou trois heures, puis s'arrêtent, s'enveloppent d'une membrane celluleuse et peuvent rester pendant plusieurs mois desséchées, à l'abri de la lumière, sans se développer. Elles mesurent alors $0^{mm},01$ de diamètre.

Après ce repos, elles s'accroissent jusqu'à mesurer $0^{mm},02$ à $0^{mm},03$, une vacuole se montre dans leur *endochrôme*, ou protoplasma vert qui les remplit, lequel se fractionne en trois ou quatre cellules primordiales qui sont autant de grosses zoospores. Celles-ci

sortent, se meuvent quelques minutes, s'arrêtent et prennent la forme d'un polyèdre dont les angles s'allongent en cornes. Bientôt leur protoplasma se répartit à la périphérie, et se fractionne de nouveau en un grand nombre de zoospores qui se meuvent environ une demi-heure dans l'endospore de la spore mère. Cet endospore fait hernie à travers les parois de l'exospore rompu. Puis les zoospores s'arrêtent, se groupent en un petit réseau, dans l'endospore même, et forment un *Hydrodictyon* à 2 ou 300 cellules qui prend bientôt un accroissement proportionnel et devient une plante complète.

A côté des *Hydrodictyon* se placent les *Pediastrum*, qui sont encore assez généralement réunis aux Desmidiées, mais qui s'en distinguent cependant parce que leurs cellules ne sont pas formées de deux moitiés symétriques.

Les *Pediastrum* sont de charmantes plantules microscopiques mesurant de $0^{mm},02$ à $0^{mm},10$ que l'on trouve, mêlées aux Desmidiées, aux Diatomées et autres petites Algues, dans les enduits verts

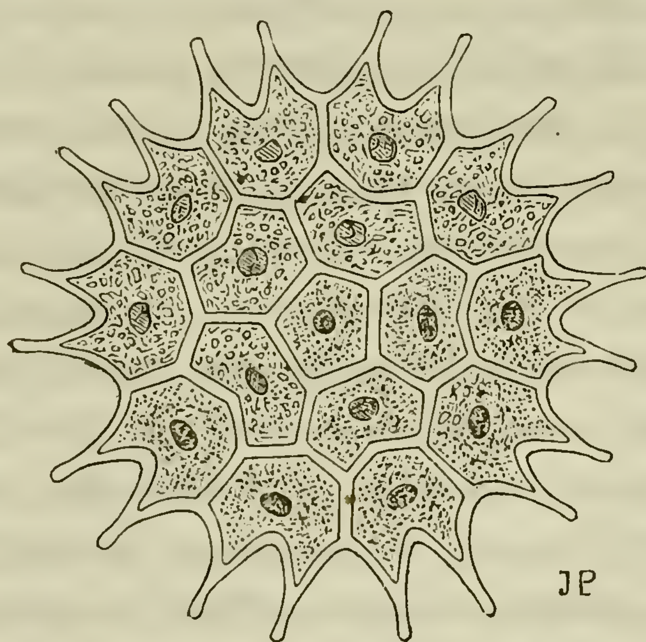


Fig 165. — *Pediastrum granulatum*. — Diamètre : $0^{mm},080$.

ou brunâtres qui recouvrent les corps submergés dans les eaux douces stagnantes, les flaques abandonnées par les pluies, etc. Ces élégantes petites plantes se composent d'un rang de cellules d'un vert d'émeraude, pleines de protoplasma granuleux, et réunies en un disque régulier. Les cellules du bord sont profondément bifurquées en deux cornes plus ou moins longues, et même, dans le *P. bira-*

diatum, chacune de ces cornes est subdivisée en deux lobes. Ce disque forme le thalle ou la fronde de la plante, et la membrane externe qui le limite offre une consistance assez grande pour persister après la destruction ou la sortie du contenu des cellules; aussi trouve-t-on beaucoup de frondes vides de Pediastrum montrant, avec une grande netteté, les granulations ou pointes d'épaississement de la membrane enveloppante (fig. 165).

La disposition la plus ordinaire de ces disques comprend 16 cellules, dont une au centre, 5 au premier rang interne, et 10 au second; néanmoins, on en trouve fréquemment qui ont 32 éléments disposés par 1, 5, 10 et 16, et même, quoique plus rarement, 64 cellules, ceux-ci étant, à ce que nous croyons, parmi les plus forts exemplaires de ce genre. Mais on en trouve aussi qui n'ont que 6 cellules et même 4. On a fait de ces derniers une espèce particulière (*P. Tetras*), ce qui ne nous paraît pas justifié.

La multiplication se fait d'une manière analogue à ce que nous avons vu dans l'*Hydrodictyon*. L'endochrôme qui remplit chacune des cellules du disque paraît se contracter pour se fractionner en 2, puis 4, 8, 16, 32 cellules, suivant le nombre des éléments du disque lui-même. La membrane externe se rompt et les jeunes cellules sortent, encore enveloppées dans la membrane interne où elles se meuvent avec activité. Ce sont des macrozoospores, mais qui ne sortent pas de la cellule mère, ou du moins de l'enveloppe interne de cette cellule avec laquelle elles ont été expulsées. Bientôt leur mouvement cesse, elles se groupent, dans leur enveloppe, en un disque ayant la forme de celui dont elles sont sorties, et, au bout d'un quart d'heure, le groupe est dessiné, quoique sans adhérence encore entre ses éléments. Puis, les cellules augmentent de taille, se divisent en deux lobes, et particulièrement celles du bord qui se prolongent en cornes. Cinq heures après la sortie des macrozoospores, le disque a pris son apparence caractéristique, mais ce n'est qu'au bout de vingt-quatre heures que l'union des éléments est complète. Outre ce mode de reproduction, Braun a constaté, dans le *Pediastrum*, l'émission de microzoospores qui deviennent libres hors de la cellule mère et nagent dans le liquide, comme celles d'Hydrodictyon, mais le reste de leur histoire est encore inconnu.

On a créé, dans ce genre, un assez grand nombre d'espèces dont la distinction paraît établie sur des caractères de peu de valeur. On trouve d'ailleurs de grandes variations dans les détails de forme d'une même espèce. Des formes dont on a fait des espèces distinctes sont, presque certainement des états de développement différents de la même plante. Et quant à la variation, « il ne faut pas oublier, dit le docteur Carpenter, que le mode de multiplication de ces plantes (1) est analogue à la propagation des végétaux supérieurs par gemmation ou bourgeonnement et à la séparation des bourgeons soit naturelle, soit artificielle par greffe, bouture ou marcotte. De même que, dans tous ces cas, les caractères particuliers de la *variété* sont transmis, tandis que ceux de l'*espèce* ne le sont que par la véritable génération chez des descendants issus de graine. » C'est ainsi que, dans tel étang, remarque encore M. Ralfs, telle de ces petites plantes a les cornes dirigées dans un sens, tandis que, dans le marais voisin, la même espèce a les cornes dirigées en sens contraire. Cette dissemblance résulte de ce que, dans chacun des deux étangs, la plante s'est multipliée par division, avec les particularités individuelles que présentaient les premiers exemplaires qui y sont nés nous ne savons encore comment, ou qui y ont été apportés. Cette multiplication a continué, pour ainsi dire, l'individu, mais sans en engendrer de nouveaux et, comme on dirait s'il s'agissait d'animaux, sans en renouveler le sang.

Avec les Nostochinées, nous arrivons aux formes les plus simples que présente la nature végétale, des cellules réunies bout à bout en filaments ou en chapelets et enveloppées, le plus souvent, d'une couche mucilagineuse plus ou moins épaisse, telle est toute la plante. Mais un grand nombre des espèces qui composent cette famille jouissent de cette curieuse propriété qu'à un certain moment, si ce n'est pendant toute leur vie, elles se meuvent de mouvements particuliers, remarquables surtout chez les Oscillaires. Ce sont ces plantes qui, plus spécialement, sont douées de cette coloration d'un vert bleuâtre que nous avons déjà signalée.

L'une des plus connues est le Nostoch commun, masse gélatineuse

(1) Il s'agit ici non-seulement des Pédiastrées, mais de toutes les espèces voisines, (Desmidiées, etc.).

que l'on rencontre, par les matinées humides de l'automne, dans les allées de jardin, au bord des routes, au pied des murs. Examinée au microscope, cette masse se résout en un grand nombre de chapelets composés de cellules sphériques, pleines de protoplasma granuleux et coloré en vert bleuâtre, au milieu d'une gelée transparente. Certaines cellules cependant sont incolores; M. Thuret les appelle *cellules limites*. C'est entre ces cellules que les filaments se rompent, s'échappent, grâce à un mouvement de balancement ou d'oscillation, hors de la gelée delayée par l'eau, et s'allongent par division binaire des cellules. C'est le commencement d'une nouvelle plante. Car bientôt ces cellules se divisent parallèlement à l'axe et forment ainsi d'autres chapelets, perpendiculaires à cet axe, qui s'allongent à leur tour et viennent s'accoler les uns aux autres par leur cellule terminale. En même temps, la matière gélatineuse s'épaissit autour d'eux et un nouveau Nostoch est formé.

Le *Nostoch cæruleum* est remarquable par la coloration bleue de ses cellules.

C'est surtout dans les Oscillaires que le mouvement spécial à ces plantes a été étudié. L'*Oscillaria contexta* est un tube, formé par de courtes cellules cylindriques, que l'on trouve, réuni en groupes à d'autres plantes semblables ou isolé, dans les eaux stagnantes ou sur la terre humide. La couleur de ces filaments est bleuâtre; ils sont libres ou quelquefois entourés d'une gaîne mucilagineuse.

Quand on les dépose sur le porte-objet dans du sirop de sucre, du chlorure de calcium, de l'eau alcoolisée, leur protoplasma se coagule dans les cellules sous forme de petites masses régulières dont la rétraction permet de distinguer les striations de la paroi du tube, striations qui ne correspondent pas toutes à une cloison.

Mais si l'on examine dans de l'eau pure un petit groupe de ces filaments, quelquefois excessivement fins ($0^{mm},001$ à $0^{mm},008$), on s'aperçoit que certains d'entre eux exécutent, avec une de leurs extrémités, un mouvement lent et rhythmique d'oscillation, tandis que l'autre extrémité reste fixe, et le résultat de ce balancement, quelquefois hésitant, est une progression dans le sens de l'extrémité oscillante, progression insensible et dont on ne se rend compte qu'en voyant au bout d'un certain temps que le filament a changé

de place. D'autres fois même les filaments traversent peu à peu le champ du microscope sans qu'on ait remarqué de mouvement d'aucune sorte. Le docteur Harvey attribue cette translation des Oscillaires à un mouvement spiral et ajoute que, placées dans l'eau, leur bord se frange de filaments rayonnants dont les ondulations, comme ceux des cils vibratiles des zoospores et des Infusoires, déterminent la propulsion du tube d'Oscillaire jusqu'à ce qu'un obstacle l'arrête ou que le manque d'eau fasse cesser le phénomène.

Nous avouons n'avoir jamais pu voir les filaments vibratiles. Le mouvement est, d'ailleurs, activé par la chaleur et la lumière ; les réactifs chimiques l'arrêtent aussitôt.

Chaque tube d'Oscillaire paraît être une plante complète ; chacun de ses fragments, si on le brise, continue à vivre et à s'allonger par la division binaire des cellules. Le mode de génération de ces plantes est inconnu.

A côté des Oscillaires, on trouve un grand nombre d'espèces végétales, de plus en plus simples, qui sont rangées par les divers botanistes dans les différentes classes d'Algues inférieures. C'est ainsi que les *Hormospora* se composent de petits groupes de quatre ou cinq cellules ovoïdes, allongées, placées non pas bout à bout, mais côte à côte, dans une masse mucilagineuse ; les cellules sont formées par division binaire, suivant le grand axe de la cellule primitive. Les *Palmella* forment un groupe assez nombreux dans lequel on trouve d'assez curieuses espèces ; entre autres, une Algue microscopique qui se développe parfois sur une étendue considérable dans les lieux humides et sur les vieux murs, formant ce qu'on a appelé la « pluie de sang » ou la « rosée rouge ». C'est la *Palmella cruenta*, composée d'un grand nombre de cellules isolées dont chacune se divise en deux, puis en quatre autres cellules, lesquelles restent enveloppées dans la membrane primitive. L'*Hæmatococcus sanguineus* est une autre Algue très-analogue qui se développe, souvent en couches de plusieurs pieds d'épaisseur, sur les neiges des régions alpines, où elle constitue ce qu'on appelle « la neige rouge ». Elle diffère, toutefois, de la précédente en ce que ses cellules, en se multipliant, s'isolent dans une enveloppe mucilagineuse et restent néanmoins enfermées dans le mucilage qui recouvrait la cellule pri-

mitive. Cette Algue est rouge aussi; cette coloration, d'ailleurs, qu'on s'étonne de trouver dans la neige, alors que la plante est, par elle-même, à peine visible, n'a cependant rien qui doive surprendre dans une Algue, car nous savons qu'elle est normale dans beaucoup de plantes de cette famille, notamment dans l'immense tribu des Floridées (Fig. 166) (1).



Fig. 166.— *Palmella* en voie de division.

Ajoutons que cette coloration rouge n'est pas toujours uniformément répandue dans tout le protoplasma de la cellule, mais quelquefois n'affecte qu'un seul point, dans cette cellule, point que l'on retrouve dans beaucoup d'Algues unicellulaires, de *Protococcus*, et qui est quelquefois placé comme un œil à la partie antérieure des cellules mobiles, si fréquentes dans ces bas-fonds de la vie végétale. Ehrenberg, qui a classé les Protococcus parmi les Infusoires, dans le règne animal, considérait en effet ce point rouge comme un œil, et les vacuoles que l'on observe souvent dans le protoplasma, comme un ou plusieurs estomacs.

Beaucoup de naturalistes, d'ailleurs, et M. Thuret en particulier, regardent encore comme des Infusoires animaux beaucoup des organismes extrêmement curieux dont nous avons à nous occuper maintenant, et qui sont doués pendant une grande partie de leur vie d'une motilité qui ressemble complétement à celle des Infusoires proprement dits. La plupart des phénomènes qui constituent leur existence peuvent, en effet, s'expliquer aussi bien en les classant dans l'un ou l'autre des règnes animal ou végétal. Cependant, la coloration bleue ou violette que manifestent, soit leur enveloppe, soit différentes parties de leur protoplasma, indique d'une manière assez nette leur nature végétale et révèle, par exemple, la présence des granules d'amidon dans leur endochrôme. Ce caractère nous paraît dominateur, et quant à la motilité, nous l'avons

(1) Les Algues microscopiques colorées en rouge sont d'ailleurs très-communes; dans les eaux douces on en trouve plusieurs appartenant à des espèces voisines du *Gloeocapsa*; dans l'eau de mer (mer Rouge), ce sont surtout des *Trichodesmium*: *Tr. Ehrenbergii*, *Tr. Hindsii*, etc.

trouvée chez assez d'êtres bien certainement végétaux pour que ses manifestations ne nous empêchent pas de classer, avec la plupart des micrographes modernes, les *Protococcus*, *Chlamydococcus*, *Chryptococcus*, *Chlamydomonas*, *Gonium*, *Pandorina*, *Stephanosphæra*, *Volvox*, etc., parmi les Algues inférieures et notamment parmi les *Volvocinées*.

Le *Protococcus pluvialis*, par exemple, qui se trouve assez souvent dans les amas d'eaux de pluie, dans les citernes, etc., se présente sous forme d'une cellule unique, le plus souvent verte, mais quelquefois rouge (*Hæmatococcus*). Cette coloration rouge n'occupe ordinairement qu'un point, comme un noyau, ou comme un simple granule (œil, suivant Ehrenberg). La matière colorante rouge (*phycoérythrine*) est mêlée à la chlorophylle et en semble, d'ailleurs, une modification. Dans tous les cas, l'endochrôme consiste en un protoplasma incolore dans lequel sont répandus, en plus ou moins grande quantité, les granules verts ou rouges. A la périphérie, ce protoplasma paraît condensé pour constituer une utricule primordiale, et il est enveloppé par une couche externe assez résistante qui semble formée par de la cellulose ou par une de ses modifications. Souvent, une seconde enveloppe, celluleuse aussi, entoure la première dont elle peut être séparée par une couche aqueuse. Voilà la plante complète.

Mais, bientôt, elle commence à se multiplier. L'endochrôme de la cellule primordiale se divise en deux autres cellules qui s'entourent d'une membrane celluleuse et se subdivisent à leur tour. C'est ainsi que 2, 4, 8, 16 nouvelles cellules prennent naissance et, souvent, sont mises en liberté par la dissolution de la première enveloppe, mais, souvent aussi, elles restent enfermées dans cette membrane qui se transforme en mucilage. Puis, ces nouvelles cellules se subdivisent et forment de nouvelles familles dont les unes sont mises en liberté, les autres restent plus ou moins engagées dans la couche gélatineuse. Et toutes reproduisent une cellule semblable à la première, cellule immobile, d'ailleurs, et, comme on dit, *cellule dormante*.

Mais quand la division des cellules dormantes en deux autres a été répétée quatre fois et a formé par conséquent 16 cellules, et

quelquefois plus tôt, les nouvelles cellules deviennent mobiles. Elles sont mises en liberté avant le développement de leur enveloppe celluleuse et sont munies de deux longs cils vibratiles à leur extrémité antérieure hyaline et un peu allongée en bec. Ces cils sont des prolongements protoplasmatiques. Dans cet état, l'endochrôme paraît moins riche en matière colorante que dans les cellules dormantes ; il contient des vacuoles ou des espaces pleins d'un liquide aqueux qui peuvent occuper la majeure partie de la capacité de la cellule, de sorte que le protoplasma coloré devient pariétal. Bientôt la cellule s'entoure d'une enveloppe qui rappelle la membrane celluleuse de la cellule dormante, mais paraît moins consistante. Les cils passent très-souvent à travers cette enveloppe et s'agitent à l'extérieur, ce qui prouve que l'enveloppe est peu consistante et que l'espace transparent qui la sépare de la cellule intérieure n'est occupé que par un liquide aqueux. Les cils, ainsi engaînés à la base, s'agitent avec une vitesse extrême qui rend leur observation difficile, excepté au moment où, l'activité étant sur le point de finir, leur mouvement se ralentit. L'eau d'iode en les colorant en jaune les rend plus apparents.

Puis, à leur tour, ces cellules se multiplient, et par des procédés très-variés. Ou bien, le protoplasma se divise en deux parties qui fournissent deux cellules mobiles, enveloppées comme leur mère d'une couche celluleuse, et munies de leurs cils avant la dissolution de la membrane mère ; ou bien, il se fractionne en quatre utricules primordiales qui s'entourent de leur membrane et prennent leurs cils avant ou après leur mise en liberté par la résolution de la membrane mère. Quelquefois encore, après leur mise en liberté, les quatre cellules filles restent associées par l'extrémité de leurs becs, et réunies en croix par des prolongements protoplasmatiques (qui sont peut-être les cils). Parfois, enfin, la cellule mobile se fractionne d'emblée en 2, 4, 8, 16 autres cellules très-petites, des zoospores, semblables d'ailleurs à leur mère, dont elles atteignent, bientôt la taille, en s'entourant d'une molle enveloppe celluleuse, à moins qu'elles ne se revêtent d'une couche dense de cellulose et perdent leurs cils, pour passer à l'état de cellules dormantes, transformation qui peut se produire même avant leur mise en liberté

hors de la cellule mère. Celle-ci prend alors l'aspect d'une mûre et continue à se mouvoir à l'aide de ses deux cils.

Les cellules dormantes mises en liberté reproduisent les phénomènes que nous venons de développer, et le cycle de la végétation se trouve ainsi complété.

Dans cette série de transformations, cet unique organisme a présenté successivement des formes identiques à celles qui constituent des espèces et des genres, soit animaux, soit végétaux, qu'on a désignés sous les noms de *Chlamydomonas*, *Euglena*, *Trachelomonas*, *Gygès*, *Gonium*, *Pandorina*, *Botryocystis*, *Uvella*, *Syncrapta*, *Monas*, *Astasia*, *Bodo* et probablement beaucoup d'autres.

N'est-il pas logique, alors, de supposer que les êtres à qui l'on a donné ces noms, et qui présentent entre eux un grand nombre de formes de transition, ne sont que les états successifs de développement d'un seul et même organisme comme le *Protococcus pluvialis*, ou de plusieurs organismes analogues ? C'est à cette opinion que paraît se ranger Cohn, et, avec lui, Carpenter, et qui nous semble, en effet, très-plausible. Mais ces organismes sont-ils animaux ou végétaux ? — La question est évidemment très-difficile à trancher, et il nous paraît indubitable que certains de ces êtres sont végétaux pendant une partie de leur existence, et animaux pendant une autre ; ou plutôt encore, nous les croyons composés de matière organisée primordiale dans laquelle les propriétés de la matière animale et de la matière végétale ne sont pas encore distinctes ni différenciées et peuvent successivement prendre le dessus, ou même dans laquelle les deux formes vitales peuvent rester associées dans une sorte de mélange confus. De là résultent ces bizarres animalcules pleins de la chlorophylle des feuilles, qui vont, viennent, agités et turbulents, bousculant les atomes aux mouvements de leurs cils, — puis soudain, s'arrêtent et germent, deviennent une plante dont les filaments s'allongent et se multiplient, mais qui présente encore souvent dans ses cellules de vifs fourmillements moléculaires ; plante qui peut même, un jour, se mettre tout entière en mouvement, comme les Oscillaires, les Nostocs et les Diatomées, et s'en

aller répandre son espèce et fructifier ; — et ces fructifications sont des cellules végétales d'où sortent des cellules animales qui s'enfuient, en nageant, et vont recommencer plus loin la série de leurs extraordinaires transformations.

D'ailleurs, comme le fait encore remarquer Carpenter, certaines formes mobiles (notamment celles de la figure 167 et autres très-voisines), apparaissent dans des *infusions* données, et d'abord exclusivement ou principalement ; puis elles diminuent, disparaissent peu à peu et sont remplacées par des formes dormantes. Quelque temps après, les cellules mobiles se multiplient de nouveau, souvent en extraordinaires quantités, et disparaissent encore. Cette alternance peut se produire pendant longtemps et bien des fois en peu de temps ; la multiplication par segmentation est très-rapide : dans l'espace de quarante-huit heures, des cellules mobiles se sont fixées, se sont subdivisées pendant la nuit, et les jeunes cellules ont pris leur taille ; dans la seconde nuit, elles ont fourni une nouvelle génération de cellules dormantes. L'activité du mouvement et celle de la multiplication semblent en rapport réciproque, mais la rapidité de la reproduction dans les cellules dormantes est plus grande que dans les cellules mobiles.



Fig. 167. *Chlamydomonas, Protococcus* (cellules mobiles).

Les conditions qui déterminent la transition entre ces deux états de mobilité ou de repos ne sont pas exactement connues, cependant on reconnaît facilement l'influence de certaines circonstances. La lumière est favorable à la multiplication des cellules mobiles ; on les voit se diriger à la surface de l'eau ou vers les côtés du vase les plus éclairés, tandis qu'elles tombent au fond et se retirent dans la partie la plus obscure, pour y devenir fixes dans l'obscurité ; la chlorophylle se raréfie dans leur protoplasma, elles continuent de se mouvoir, mais ne se multiplient pas et ne changent pas de forme. La chaleur du soleil active leur développement, la dessiccation rapide les tue, mais l'évaporation lente de l'eau dans laquelle elles se meuvent les fait passer à l'état de cellules dormantes, et alors,

surtout lorsqu'elles ont pris une couleur rouge, elles peuvent être desséchées pendant des années sans perdre leur vitalité. C'est à cet état que les vents les enlèvent et les transportent à travers l'atmosphère pour les répandre au loin et ensemencer, pour ainsi dire, chaque goutte d'eau qui tombe à la surface du sol. Sous cette forme de cellule rouge à parois épaisses, enveloppées d'un mucilage, ces Algues peuvent former des masses flottantes à la surface des eaux, masses qui ne se développeront qu'au bout d'un certain temps de repos, comme les oospores, *statospores* ou spores durables des Cryptogames que nous avons précédemment décrits, spores jaunes, rouges ou brunes, aussi, et qui, formées en été, ne germent qu'au printemps suivant, après que l'hiver les a longtemps desséchées.

Dans le cycle de ces transformations, y a-t-il eu place pour un acte de génération par fécondation ou conjugaison ? — Cela est probable, mais jusqu'à présent aucun fait de ce genre n'a été signalé.

Si maintenant nous supposons, au lieu d'un *Protococcus* vivant isolé, tantôt fixe, tantôt mobile, une famille de Protococcus contemporains, c'est-à-dire nés en même temps d'une même cellule mère, vivant réunis sous une enveloppe commune et doués de mouvement pendant la plus grande partie de leur existence, nous aurons le type de la famille des Volvocinées qui renferme des êtres plus singuliers encore que les divers Protococcus dont nous venons d'étudier le développement.

Le *Volvox globator* se trouve dans les étangs, les mares, sur les plantes submergées, dans les lentilles d'eau, sur les Characées, surtout vers l'automne. Il se développe aussi dans les eaux où l'on fait macérer certaines plantes ou certaines substances végétales telles que le chènevis, le réséda, etc. Il se présente sous la forme d'une sphère microscopique, mais qui cependant peut être vue à l'œil nu lorsqu'on regarde par transparence la goutte d'eau qui la contient, car elle peut atteindre jusqu'à $0^{mm},8$ de diamètre. Cette sphère est hyaline et paraît creuse ou du moins pleine d'eau ; une membrane extérieure transparente la limite, et, sous cette membrane, on aperçoit une multitude de petits points, verts très-souvent, mais

pas toujours, reliés entre eux par des lignes vertes et fines, formant un délicat réseau sous la couche hyaline ; de chacun des points verts partent deux longs cils qui traversent la membrane externe de la sphère et viennent s'agiter au dehors ; la combinaison de tous ces mouvements particuliers imprime à la sphère un mouvement général de rotation fort remarquable et qui donne à celle-ci, lorsqu'elle traverse en tournant le champ du microscope, l'aspect d'une petite planète qui roule dans l'espace (fig. 168).

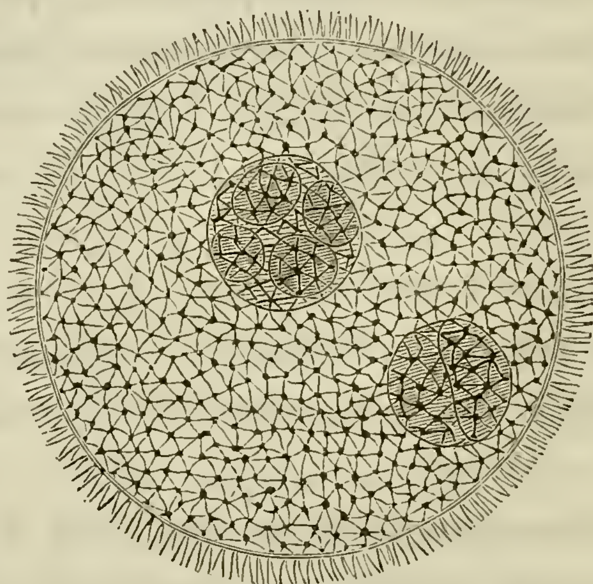


Fig. 168. — *Volvox globator.*

On voit, dans l'intérieur de la sphère, deux globes, jeunes Volvoces, dont l'un est encore adhérent à la paroi interne ; son protoplasma se divise en deux masses ; l'autre, dont le protoplasma est déjà divisé en quatre masses, est devenu libre et flotte dans la cavité de la sphère mère. (Obj. 1/4 p. imm. Pow. et Leal.)

Quand on l'examine de plus près, on reconnaît que chacun des points verts munis de cils, placés sous la membrane hyaline de la sphère, est un corpuscule, mesurant environ $0^{mm},008$ de diamètre, absolument semblable à celui que nous avons décrit dans le *Protococcus pluvialis* (fig. 167), formé comme lui de protoplasma incolore mêlé de chlorophylle, muni d'un bec transparent et porteur de deux longs cils qui traversent son enveloppe mucilagineuse ; le seul caractère qui distingue ceux-ci, c'est qu'ils vivent réunis sous une enveloppe commune que leurs cils traversent aussi. Comme chez le *Protococcus*, la cavité de la cellule présente des vacuoles souvent contractiles (1), au moins pendant les premières périodes de son

(1) La contraction rapide de ces vacuoles, très-facile à voir dans les *Protococcus*,

développement. Les lignes réticulées qui relient les cellules les unes aux autres sont des processus protoplasmatiques qui s'étendent de l'une à l'autre pour les réunir à la surface de la sphère. Ces processus, beaucoup plus épais dans les premières phases du développement du Volvoce, sont de plus en plus fins à mesure que la sphère s'accroît et que, la maturité approchant, les masses protoplasmatiques de chaque élément diminuent de grandeur en s'éloignant davantage les unes des autres. Ces bandes ou fils traversent naturellement la couche cellulaire hyaline qui enveloppe chacun de ces éléments (fig. 168).

Mais ce n'est pas tout : à l'intérieur de la sphère on aperçoit ordinairement d'autres globes, au nombre de 2 à 20, de taille variable et de couleur plus foncée. Les plus petits paraissent attachés à la surface interne de la sphère, les plus gros flottent librement dans le liquide aqueux intérieur ; et, si l'on est armé de puissants objectifs, on reconnaît que ceux-ci tournent et sont munis de cils qui recouvrent toute leur périphérie. Ce sont de jeunes Volvoces ; les premiers, encore adhérents à la paroi, sont composés d'éléments non encore ciliés, mais bientôt ils atteindront un développement suffisant, tomberont dans l'intérieur de la sphère, leurs cellules se muniront de cils et tous ces petits Volvoces vont tourner dans la grande sphère emportée, elle-même, dans son mouvement de rotation, jusqu'à ce que celle-ci, venant à se rompre, toutes les jeunes familles sont mises en liberté.

Prenons donc une de ces jeunes familles et suivons-la dans les diverses périodes de son accroissement. Elle paraît d'abord sous la forme d'une sphère composée d'une agrégation de corpuscules protoplasmatiques anguleux, entourés chacun d'une substance hyaline et englobés tous dans une enveloppe transparente aussi. Ces masses d'endochrôme sont reliées les unes aux autres par des prolongements de diverses formes et de différentes épaisseurs. Au centre de ce globe, on remarque une masse de protoplasma plus grande que les autres, globuleuse, qui est la cellule mère dans laquelle se

Chlamydomonas, etc., se produit, d'après M. G. Busck, toutes les quarante secondes et est suivie d'une diastole lente. Ce sont ces vacuoles qu'Ehrenberg considérait comme des estomacs, et dont l'existence, chez plusieurs de ces cellules mobiles, est le meilleur argument qu'on puisse invoquer en faveur de leur animalité.

formeront plus tard les jeunes sphères semblables à celle que nous étudions. Celle-ci augmente peu à peu de taille, par l'accroissement de la substance hyaline et des masses d'endochrôme dont les prolongements connectifs deviennent de plus en plus fins. En même temps, la masse centrale grossit et se divise bientôt en deux autres cellules semblables, puis en quatre, et c'est ordinairement à cette heure que le jeune Volvoce, encore attaché à la paroi interne de la sphère mère, s'en détache pour devenir libre dans son intérieur. Les masses protoplasmatiques de sa surface se munissent alors de leurs deux cils qui traversent la couche hyaline bien caractérisée dont elles sont enveloppées, et la membrane externe ; et le globe se met à tourner dans l'intérieur de la sphère mère. Cependant, son globule central a continué à se segmenter en grossissant, il a produit 4, 8, 16 cellules, et plus, dont la couleur devient plus foncée à mesure que la jeune sphère devient plus transparente. Celle-ci est enfin mise en liberté, avec toutes ses sœurs, par la rupture de la sphère primitive, et roule dans le liquide ambiant, Volvoce complet, tel que nous l'avons décrit en commencant, et contenant dans son sein les globes dont nous venons d'indiquer la formation, globes qui vont subir les mêmes modifications, préparant ainsi une troisième génération *agame* de Volvoces.

Quant au mode de reproduction sexuée, il paraît consister dans le phénomène suivant. Les corpuscules ciliés qui composent certaines sphères, plus volumineuses que les autres et qui, seules, paraissent sexuées et monoïques, ne sont pas identiques. Les uns sont plus gros, d'un vert plus foncé, et se prolongent davantage à l'intérieur de la sphère ; leur endochrôme ne se divise pas. Ce sont des cellules femelles. Les autres, un peu plus petits, fractionnent leur protoplasma en une multitude de petits corps linéaires qui s'assemblent en groupes discoïdes, munis de cils à leur périphérie et mobiles dans la cellule mère. Cette cellule est mâle, et les corpuscules linéaires sont des anthérozoïdes, en forme de bâtonnets épaissis à leur extrémité postérieure, munis d'un rostre hyalin, en avant, et de deux cils. Ceux-ci deviennent bientôt libres par la rupture de leur cellule mère et se dispersent dans l'intérieur de la sphère, pour aller se rassembler à la surface des cellules femelles dans le proto-

plasma desquelles ils se vident. A la suite de cette opération, la cellule femelle, devenue une oospore, se recouvre d'une double enveloppe dont l'externe est garnie de pointes, pendant que son contenu se charge de granules d'amidon et de gouttelettes d'huile. Cohn a compté jusqu'à 40 de ces spores dans une même sphère à laquelle elles donnent des aspects particuliers selon leur âge et leur développement. C'est ainsi que les *Volvox stellatus* et *V. aureus* d'Ehrenberg ne paraissent représenter que les formes successives, *formes sporangiales*, comme dit Carpenter, du *Volvox globator*. Quant à la germination de ces spores, elle n'a jamais été observée jusqu'à ce jour.

D'après le Dr Hicks, une autre transformation pourrait encore se produire dans le Volvoce. Certaines cellules, au lieu de se transformer en un globe qui bientôt fournit une nouvelle famille, prennent l'apparence gélatineuse d'un Amibe et quittent leur place qui reste vide dans le groupe, se meuvent à la surface intérieure de la sphère avec les mouvements de reptation qu'on connaît à ces organismes. Ce singulier phénomène ne nous paraît pas avoir été encore suffisamment étudié.

Est-ce aussi à des états successifs de développements des sphères agames ou des sphères sexuées du *Volvox globator* qu'il faut rapporter diverses autres formes que l'on a réparties dans des genres voisins, *Sphærosira*, *Pandorina*, etc.? — C'est possible, mais non encore certain. Dans tous les cas, nous résumerons encore l'histoire du *Stephanosphæra pluvialis* et du *Pandorina morum*.

Le *Stephanosphæra pluvialis* est aussi une sphère hyaline que l'on trouve dans les eaux de pluie rassemblées dans le creux des pierres, sphère qui contient 8 cellules chlorophyllées, fusiformes, dressées parallèlement les unes aux autres, et émettant par leurs deux bouts des filaments ou bandes connectives, prolongements de leur protoplasma, qui les réunissent les unes aux autres. Ces huit cellules tournent toutes ensemble dans la sphère autour d'un diamètre parallèle à leur grand axe. Dans l'espace d'une nuit, si les circonstances sont favorables, ces 8 cellules fractionnent leur protoplasma en 2, 4, 8 cellules qui se groupent en disque octogone. Ces cellules représentent encore un *Protococcus* ou un élé-

ment de *Volvox;* elles sont munies de deux cils, et tous les cils tournés vers la périphérie du disque traversent l'enveloppe hyaline qui revêt ce disque. Et les 8 disques se mettent à tourner dans la sphère. Mais ces 8 disques, contenant chacun 8 cellules ciliées, se transforment bientôt en autant de sphères reproduisant des *Stephanosphæra* complets, lesquels sont mis en liberté par la rupture de la sphère primitive. Telle est la forme ordinaire de la reproduction asexuée, laquelle peut se répéter un grand nombre de fois avant qu'apparaisse la reproduction sexuée. Certaines cellules, il est vrai, ont, de temps à autre, au lieu de se segmenter en 8 nouvelles cellules qui forment un disque, fractionné leur protoplasma en une quantité considérable de petits corpuscules à quatre cils qui se sont séparés, répandus au dehors et dont on ignore le sort. Nous pensons, d'après une seule observation que nous avons pu faire de ce phénomène, que ces corpuscules sont des anthérozoïdes, lesquels vont, au dehors, à la recherche des cellules femelles, oosphères, si l'on veut, pour se conjuguer avec elles et former des oospores dormantes.

En effet, d'après MM. Cohn et Wichura, au bout d'un certain nombre de générations asexuées, les cellules fusiformes d'une sphère perdent leurs cils, s'isolent et s'échappent de la sphère qui se rompt. C'est alors, et ceci est un aperçu qui nous est personnel, qu'elles sont rejointes par les anthérozoïdes. Bientôt, en effet, elles s'entourent d'une membrane résistante et ressemblent à une cellule dormante de Protococcus ; puis elles se colorent en rouge, et, sous cette forme, deviennent aptes à germer, plus tard, après avoir subi une certaine dessiccation.

Leur germination consiste, d'ailleurs, en une segmentation en 2, 4, 8 cellules qui rompent la paroi et se dispersent dans l'eau, zoospores à deux cils. Quelques heures après, elles s'entourent d'une enveloppe hyaline, représentant ainsi une cellule mobile de Protococcus (ou Chlamydococcus, fig. 167). Quelques heures plus tard encore, elles se segmentent en 2, 4, 8 cellules qui se munissent chacune de deux cils, se groupent en disque et s'entourent d'une enveloppe commune. Bientôt cette membrane se gonfle par-

dessus et par-dessous, en forme de sphère, et un nouveau *Stephanosphæra* est ainsi constitué.

La recherche libre des cellules femelles, oospores, macrospores, macrogonidies, comme on voudra les appeler, par les anthérozoïdes, microzoospores ou microgonidies, dans le liquide ambiant en vue d'une conjugaison qui transforme les premières en oospores dormantes et durables, recherche de conjugaison que nous croyons avoir constatée sur le *Stephanosphæra pluvialis*, n'est pas un fait isolé. M. Rostafinski a constaté dans le *Chlamydomonas multifoliis* une semblable conjugaison entre les microzoospores qui s'unissent deux à deux. M. Cramer a vu le même genre de conjugaison s'opérer entre les microzoospores de l'*Ulothrix zonata.* Beaucoup d'autres Conferves sont très-probablement dans le même cas ; enfin M. Pringsheim a fait une observation très-précise, dans ce sens, sur une Volvocinée assez commune, le *Pandorina morum.* Cette espèce est formée de seize cellules enfermées dans une masse sphérique hyaline que traversent leurs cils. Ces seize familles se multiplient par reproduction asexuée comme celles du *Stephanosphæra.* Pour la formation des spores, les jeunes familles, au lieu de rester groupées dans la sphère, sortent de leur enveloppe, et leurs cellules se répandent, nageant dans l'eau ambiante. Parmi ces espèces de zoospores, les unes sont grosses, les autres petites. D'ailleurs, elles sont aussi munies de deux cils sur le rostre, hyalin, marqué d'un point rouge, et vertes en arrière. Ces zoospores se rassemblent deux à deux, se conjuguent par leur rostre et se confondent bientôt en un corps vert, arrondi, dans lequel on voit encore, pendant un certain temps, les deux points rouges, les quatre cils et l'espace hyalin formé par les deux rostres. Cette oospore, ou zygospore, s'organise bientôt entièrement et devient apte à germer après un long temps de repos.

Préparation. — Les grandes Algues se préparent, pour l'étude micrographique, comme les plantes supérieures, au moyen de coupes minces pratiquées dans divers sens, à travers le thalle et les organes reproducteurs. Parmi les Floridées, qu'on peut récolter facilement sur les rochers à marée basse, beaucoup sont assez pe-

tites pour qu'on puisse les étudier en nature, et sans autre préparation. Les *Ptilota*, *Ceramium*, *Callithamnion*, fourniront ainsi de charmants sujets d'étude. Dans les *Ceramium*, on observera un système de cortication qu'on retrouvera dans les *Batrachospermum*, jolies Algues d'eau douce qui habitent les ruisseaux à faible courant, et qu'on a vu plus complet encore dans le Chara. Les organes reproducteurs sont plus délicats à traiter; cependant on peut les étudier assez complétement, grâce à leur transparence, dans les petites espèces, sans avoir besoin de faire des coupes difficiles. Les Algues marines devront être, autant que possible, étudiées dans une goutte d'eau de mer ou d'eau salée, afin que les formes des organes ténus ne s'altèrent pas par macération et que les matières colorantes rouges ou violettes ne se dissolvent pas. Ces couleurs, nous l'avons dit, sont d'ailleurs difficiles à conserver dans les préparations de collection. L'un des liquides conservateurs les plus employés est l'alcool créosoté, ainsi que nous l'avons indiqué. Néanmoins il est bien rare que la matière colorante des Algues s'y maintienne longtemps avec toute la vivacité de ses nuances; le plus souvent, elle a tourné au jaune ou au brun au bout de quelques mois (1).

Dans toutes ces plantes, on sera frappé de la délicatesse du tissu, et de sa différenciation dans les espèces supérieures; la formation des rameaux fournit un très-intéressant sujet d'observations.

Quant aux Algues filamenteuses, Algues d'eau douce, Conferva-cées, Conjuguées, etc., on les trouve en abondance dans tous les ruisseaux, les mares, les étangs, les citernes, les collections d'eaux de pluie. Elles sont très-faciles à étudier, n'exigeant, en général, aucune préparation. L'heure et le moment de cette étude ne sont pas indifférentes; c'est la nuit, ordinairement, que se produit la division des cellules, et il n'est guère de ces plantes qui, examinées sur des sujets jeunes et frais, à la lumière d'une bonne lampe, ne fassent assister l'observateur à la bipartition des cellules. C'est la nuit aussi, le plus souvent, que l'on verra les cel-

(1) M. Bourgogne père, qui s'occupe beaucoup des Algues, a composé un bon liquide conservateur pour ces plantes et leurs matières colorantes, liquide dont il garde la formule secrète, mais qu'il fournit aux personnes qui lui en font la demande. 2, rue Pascal, à Paris.

lules des Algues microscopiques se rompre pour mettre en liberté les corps reproducteurs, les zoospores, les anthérozoïdes, qu'on pourra aussi observer de grand matin, par un temps clair et chaud.

Ces Algues microscopiques peuvent suffire à elles seules pour occuper pendant longtemps le micrographe. En récoltant différentes Algues d'eau douce avec les dépôts verts ou bruns qui se forment sur les objets submergés, et les plaçant dans un vase de verre, rempli de l'eau dans laquelle elles vivaient, eau qu'on renouvelle peu à peu avec de l'eau ordinaire, on peut les conserver vivantes pendant bien des mois. Elles se propagent et pullulent dans le récipient, et chaque parcelle de la matière verte qui se dépose sur les bords ou au fond du vase, délayée dans une goutte d'eau sur le porte-objet, est tout un monde dans lequel se trouvent les *Protococcus*, *Chlamydococcus*, *Oscillaria*, *Palmella*, *Chroococcus*, *Pediastrum*, etc., etc., sans compter les *Desmidiées* et des légions de *Diatomées*, au milieu desquelles circulent des zoospores et des Infusoires.

L'examen des zoospores, surtout quand il s'agit de celles d'une Algue déterminée, est souvent très-difficile, et on peut les confondre avec des Infusoires verts; cependant leurs mouvements sont d'une autre nature et paraissent plus automatiques. Ils sont, d'ailleurs, souvent continus, sans temps d'arrêt, sauf ceux causés par les obstacles sur lesquels les cellules mobiles se jettent aveuglément, jusqu'au moment où cesse l'activité. Cette activité ne dure parfois qu'une demi-minute, mais se prolonge souvent pendant une journée et bien plus longtemps même, suivant les circonstances, pour les formes mobiles des Algues unicellulaires. Les cils vibratiles sont toujours difficiles à apercevoir, surtout au moment de la grande activité, tant à cause de leur transparence qu'en raison de la rapidité de leur mouvement, qui ne se révèle que par le tourbillonnement des corpuscules en suspension qu'ils viennent soulever. En colorant le liquide ambiant avec un peu de carmin, on aperçoit mieux les cils, ou bien en ajoutant un peu d'eau d'iode, qui tue les zoospores et les Infusoires, mais jaunit leurs cils. L'opium ralentit parfois le mouvement; l'ammoniaque tue tous ces

corpuscules, dissout les Infusoires en entier, et seulement les cils des cellules végétales mobiles.

L'action des réactifs sur tous ces organismes est, du reste, très-importante à constater, et surtout celles du chlorure de zinc iodé, de l'acide sulfurique et de l'eau d'iode, de l'ammoniaque et de l'acide nitrique, qui ont pour but de déterminer la nature de telle telle ou substance composante.

Quant aux Algues microscopiques de forme déterminée, elles sont toutes très-faciles à étudier, n'ayant besoin d'aucune préparation, mais elles sont souvent beaucoup plus difficiles à trouver. Les *Pédiastrées*, si admirables par leur délicatesse et leur régularité, se trouvent à peu près partout, dans tous les dépôts non putrides des eaux stagnantes, mais les *Volvox*, *Pandorina*, etc., etc., sont plus rares. Cependant, vers le mois de septembre, on peut en trouver dans presque toutes les eaux à faible courant, dans les eaux dormantes ou pluviales ; on peut même en produire en abandonnant à l'air certaines infusions, notamment celles du chènevis, etc. ; en 1874, nous en avons trouvé des milliers dans de l'eau où se décomposait un brin de réséda. Cette production n'a, d'ailleurs, duré que quelques jours. Les Volvoces existaient-ils d'avance dans l'eau employée pour faire l'infusion ?

Certaines espèces se trouvent souvent sur des plantes déterminées, les *Coleochæte* sur l'*Équisetum palustre*, ou sur des points particuliers des corps submergés, les *Lemanea*, *Sacheria*, sur les pierres qui constituent la tranche même des barrages et des chutes d'eau. Ces jolies petites Algues violacées, Floridées d'eau douce, assez communes, sont d'un haut intérêt pour le micrographe, car elles ont peut-être les organes reproducteurs (anthéridies, trichogyne, cystocarpe) les plus compliqués de toutes les Algues, et leur étude n'exige aucune préparation particulière.

Enfin on peut étudier certaines Algues, notamment les Fucacées, même des Floridées, sur des échantillons secs après une demi-heure d'immersion dans l'eau froide.

Si l'examen des Algues ne nécessite que l'emploi d'objectifs de force moyenne ou même faibles, il n'en est pas de même quand on veut étudier leurs organes reproducteurs, surtout dans les espèces

inférieures. Les meilleurs objectifs, les uns profonds, les autres à très-grande ouverture, seront indispensables, et parfois les grossissements les plus considérables, depuis les N°s 5 de Nachet, 7 de H. et Prazmowski, 8 de Vérick, E, EE, F. de Zeiss, jusqu'au 1/12 de pouce de Swift, 1/16 de Powell et Lealand, 1/20 de Beck, 1/25 de Zeiss, etc.

CHAPITRE XV

LES ALGUES (*suite*).

I. Desmidiées.

Les Desmidiées et les Diatomées, longtemps rangées parmi les animaux Infusoires, sont maintenant classées parmi les Algues unicellulaires. Les unes et les autres présentent pour le micrographe le plus haut intérêt.

Les Desmidiées sont des Algues microscopiques composées d'une simple cellule, ordinairement aplatie, et formant la *fronde* de la plante. Cette fronde est toujours partagée en deux moitiés symétriques ou *hémisomates*. La cavité cellulaire renferme un protoplasma granuleux, en grande partie coloré par une chlorophylle d'un vert vif et contenant des grains d'amidon. La paroi de la cellule offre une consistance assez grande pour conserver sa forme et les détails de sa surface, après que son contenu s'est échappé, ainsi que cela arrive chez les *Pédiastrées,* lesquelles seraient des Desmidiées si toutes leurs cellules offraient une forme symétrique. Les Desmidiées ont une tendance à s'envelopper d'une couche mucilagineuse, qui, lorsqu'elles se reproduisent par bipartition, peut maintenir toutes les jeunes cellules les unes au bout des autres en un filament (*Didymoprium*).

Très-fréquemment aussi, les cellules se munissent d'appendices plus ou moins longs en forme de cornes ou d'expansions, appendices formés par la membrane cellulaire externe, très-remarquables dans les *Ankistrodesmus*, *Staurastrum* (fig. 171 et 173), et que nous avons déjà vu apparaître dans les *Pédiastrum*.

Enfin, un grand nombre de ces jolies petites plantes présentent des phénomènes remarquables de mouvement intra-cellulaire. Nous avons déjà signalé ce phénomène dans les *Closterium* et dans les *Cosmarium*. Les *Closterium* sont des Desmidiées en forme de croissant, dont les dimensions sont très-variables (de 0mm,10 à 0mm,20)

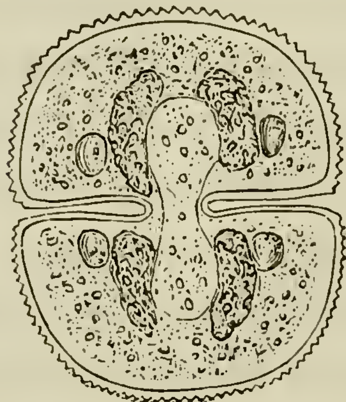


Fig. 169. — *Cosmarium Botrytis.*

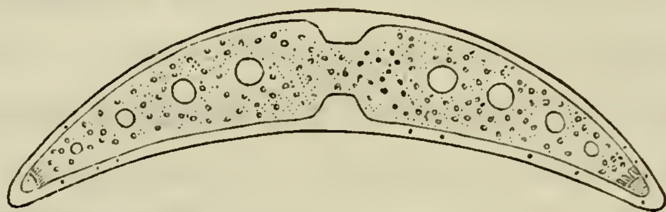


Fig. 170. — *Closterium lunula.*

(fig. 170). L'endochrôme y est disposé symétriquement de chaque côté de la ligne médiane, avec des grains d'amidon symétriques aussi. Vers chacune des deux pointes on remarque, sous la membrane externe, une cavité ou *chambre* qui fait une petite échancrure dans l'endochrôme de cette partie. Cette chambre est pleine de granules incolores en mouvement turbulent. De plus, entre les bords de l'endochrôme, ou cellule primordiale, et la membrane enveloppante, dans la convexité de la fronde, mais surtout dans sa concavité, d'autres granules sont emportés par un courant qui longe la paroi vers la partie moyenne de la fronde. Puis, ces granules rétrogradent et reviennent vers l'extrémité de la cellule d'où ils repartent, et ainsi de suite. On dirait que la chambre est percée d'une ouverture à sa pointe, et que, par cette ouverture, un liquide est injecté sous l'enveloppe celluleuse de la fronde, liquide qui entraîne incessamment les granules dans son courant. Cette ouverture n'a cependant jamais pu être aperçue (1).

Le *Cosmarium Botrytis* est une cellule d'un beau vert, de forme ellipsoïde, mais étranglée au milieu et séparée ainsi en deux parties égales. L'endochrôme occupe une partie de chacune de ces demi-

(1) On avait signalé aussi l'existence d'un double rang de cils bordant la cellule primordiale à l'intérieur de l'enveloppe celluleuse, mais cette apparence est le résultat d'une illusion d'optique.

cellules, et contient des grains d'amidon ainsi que des granulations protoplasmatiques incolores. Si l'on examine cette charmante petite Algue, dont le plus grand diamètre est de 0mm,02 à 0mm,03, sous un fort grossissement, on s'aperçoit que tous les granules sont en mouvement de fourmillement ou « d'essaimage. » Il est à remarquer que l'on constate souvent le passage d'un granule d'une des demi-cellules dans l'autre, par l'isthme qui les relie (fig. 169).

Plusieurs autres Desmidiées présentent des phénomènes semblables, mais quelques-unes même sont douées d'un mouvement lent de translation, mouvement que nous retrouvons à un haut degré chez les Diatomées. Ce mouvement est ordinairement insensible dans le champ du microscope, mais il est certain que les Desmidiées déposées dans un vase éclairé d'un seul côté se dirigent rapidement du côté de la lumière, ce qui fournit un excellent moyen de les séparer des plantes et des débris avec lesquels on les a récoltées.

La multiplication des Desmidiées se fait par division binaire et par conjugaison, car ces Algues sont en réalité des Conjuguées unicellulaires. La division binaire, en raison de la forme symétrique des cellules, se fait toujours dans un sens déterminé et présente par cela même quelques particularités intéressantes.

Dans certaines espèces, les deux moitiés de la cellule se séparent sur la ligne de symétrie ou ligne de suture, puis s'accroissent pendant que leurs appendices, si elles en portent, appendices qui n'existent que sur un côté de la jeune cellule, en raison de la division même, se produisent de l'autre côté pour rétablir la symétrie. Si ces cellules sont cylindriques, elles peuvent rester les unes à côté des autres à mesure qu'elles se forment, enveloppées par un mucilage, et constituer un filament. Il en est ainsi dans les *Didymoprium*.

Ainsi, dans les *Closterium* (fig. 170), un étranglement se produit d'abord dans le protoplasma à la partie médiane du croissant dont la courbure diminue sensiblement et qui, bientôt, se resserre à son milieu, de manière à se séparer en deux parties. Chacune de ces parties se recourbe en arc et forme un nouveau *Closterium* dans lequel les matériaux internes se groupent symétriquement, pendant

que la cellule prend l'accroissement et l'aspect qui lui sont propres.

Mais dans les espèces qui présentent un étranglement à leur ligne médiane, les *Cosmarium*, *Micrasterias*, etc., la multiplication par division suit un tout autre procédé. L'isthme des deux demi, cellules s'allonge et les deux moitiés s'éloignent d'autant l'une de l'autre. Cet isthme se sépare en deux par une cloison et chacun des deux petits tubercules ainsi formés se gonfle jusqu'à prendre le volume de la demi-cellule à laquelle il est attaché par la base.

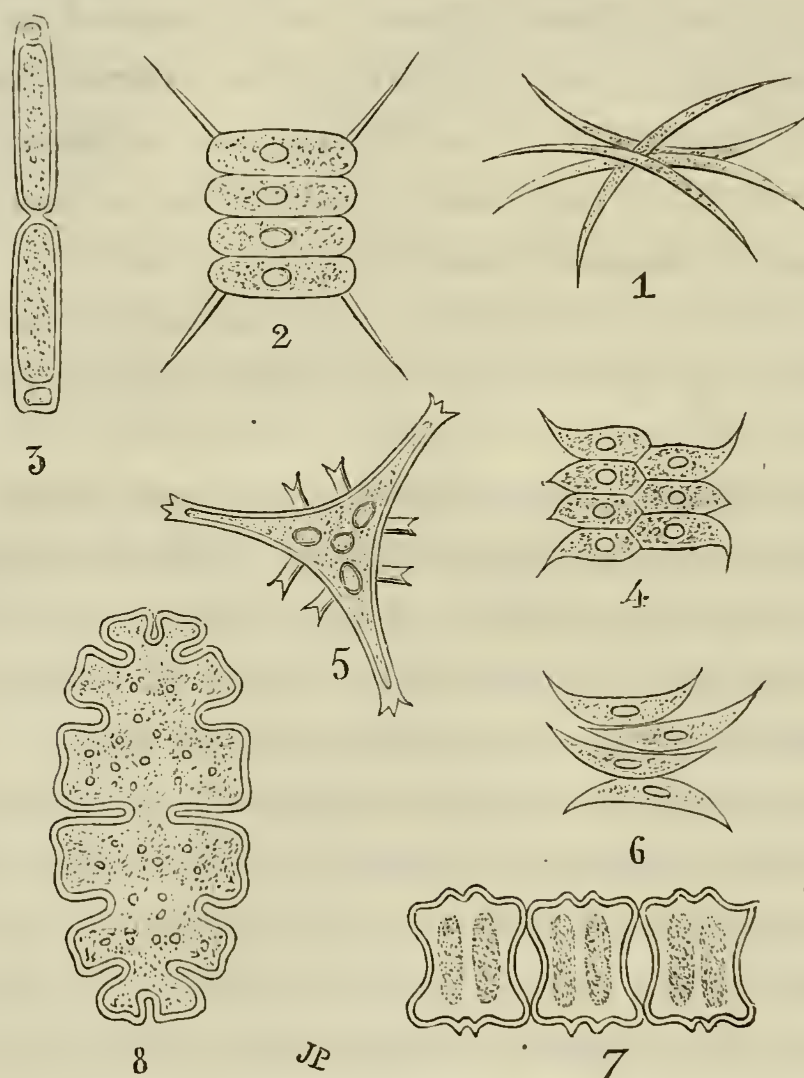


Fig. 171. — Desmidiées diverses.

1, *Ankistrodesmus falcatus* (600 diam.); 2, *Scenodesmus caudatus* (600 diam.); 3. *Docidium clavatum* (150 diam.); 4, *Scenodesmus obtusus* (600 diam.); 5, *Staurastrum vestitum* (500 diam.); 6, *Arthrodesmus incus* (500 diam.); 7, *Desmidium aptogonum* (500 diam.); 8, *Euastrum oblongum* (200 diam.). Obj. 5 et 10 à imm. H. et Prazmowski.

Il lui devient bientôt symétrique, s'incisant ou se découpant de lobes ou de dents comme elle ; de sorte que chacune des deux moitiés de la Desmidiée primitive se trouve complétée par une moitié de nouvelle formation, et l'on a deux plantes entières qui se séparent. Dans ces plantes, comme on voit, les deux demi-cellules ne sont jamais contemporaines, l'une étant toujours plus âgée que

l'autre, et si, comme cela arrive dans les *Sphærozosma*, les cellules restent agglomérées en filament, sous du mucilage, les deux moitiés de la cellule primitive vont toujours en s'éloignant l'une de l'autre et occupent les bouts du filament, la formation des jeunes cellules se produisant entre elles.

Dans le *Staurastrum paradoxum*, la division se produit par un procédé qui tient des deux précédents. Cette plante se compose d'une cellule, ayant l'aspect de deux cylindres l'un sur l'autre, et ornée d'une corne à ses quatre angles. Les deux cylindres se cloisonnent mais sans se séparer, et chacune des deux cellules ainsi

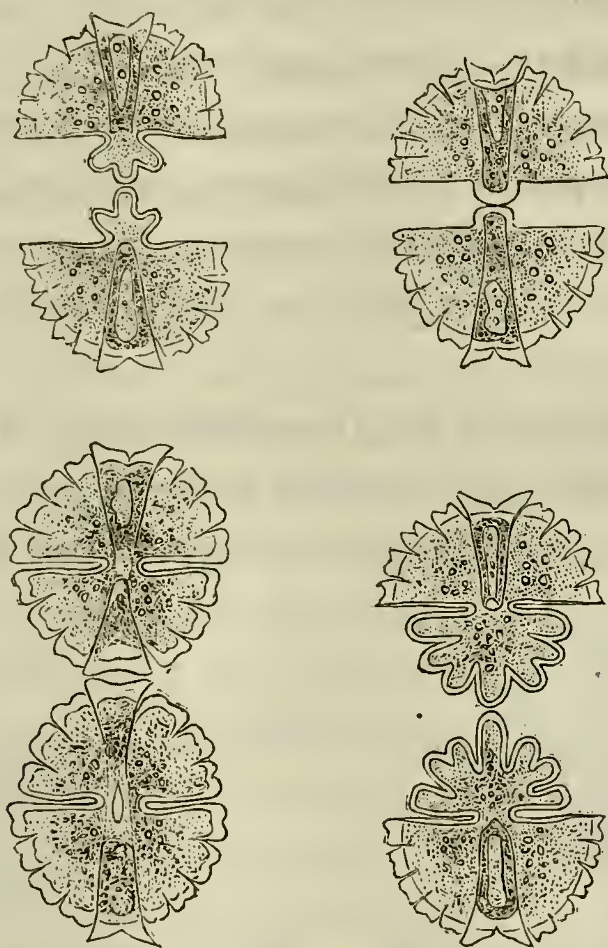


Fig. 172. — *Micrasterias denticulata*, en voie de multiplication.

Dans la première figure, à droite, l'isthme de séparation s'est cloisonné et forme deux tubercules arrondis qui, dans la figure suivante, se sont agrandis et divisés en 3 lobes, puis en 5 et en 7 lobes 3me figure). Enfin, dans la dernière figure, à gauche, les deux *Micrasterias* sont complets et vont se séparer.

formées prend elle-même l'aspect de deux cylindres. Le Straurastrum représente alors quatre petits cylindres égaux et parallèles rangés l'un sur l'autre, dont les deux extrêmes portent une paire de cornes. Bientôt les deux cellules se séparent et prennent chacune une nouvelle paire de cornes pour rétablir la symétrie.

Le seul mode de reproduction qu'on ait constaté chez les Des-

midiées résulte d'une conjugaison, mais on ne leur a pas encore observé de zoospores analogues à celles des Pédiastrées. Cependant, il paraît qu'on peut voir à certaines époques, dans les *Closterium* et les *Micrasterias*, particulièrement, des corps de couleur foncée, analogues à des spores, et qui semblent formés aux dépens du protoplasma. Leur position n'est pas fixe et leur nombre varie de 1 à 4.

Quoi qu'il en soit, la conjugaison se fait de la manière suivante : la membrane extérieure de la fronde ne pouvant, en raison de sa consistance coriace, s'unir à la membrane d'une cellule voisine, s'entr'ouvre par une déhiscence plus ou moins complète, et les deux cellules en conjugaison mettent ainsi en liberté leur protoplasma à l'état de cellule primordiale. Ces masses se fusionnent en une sphère unique qui s'enveloppe d'abord dans un mucilage, puis se recouvre d'une triple membrane dont la moyenne, épaisse et brune, développe souvent des pointes plus ou moins dentées (*Cosmarium*, fig. 173).

Dans les *Cosmarium* et les Desmidiées dont la fronde présente un étranglement (*Micrasterias*, etc.), la membrane externe des deux cellules qui se conjuguent s'ouvre au niveau de l'étranglement.

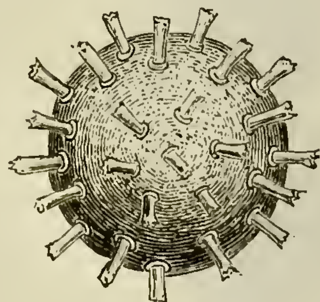


Fig. 173. — Zygospore de *Cosmarium*.

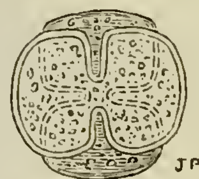


Fig. 174. — Orientation des deux jeunes plantes dans la zygospore du *Cosmarium Botrytis* (Objectif 10 à immersion, H. et Prazm.).

La membrane interne se gonfle, fait hernie et se prolonge en un tube qui va s'unir au tube émané de l'autre cellule. Les protoplasmas se fusionnent à la partie moyenne, élargie, de ce tube. Cette partie s'arrondit, se sépare des deux cellules vides en s'entourant de mucilage, puis de la triple enveloppe dont nous avons parlé, pendant que le protoplasma intérieur se charge de gouttelettes huileuses.

La germination de cette zygospore est fort curieuse. La membrane épaissie se perce en un point par lequel sort l'endospore tout entier

avec son protoplasma, sous forme d'une cellule qui prend une taille plus considérable que celle de la spore dont elle est sortie. Cette cellule s'entoure d'une seconde enveloppe, à l'intérieur de la première qui s'éloigne et forme tout autour comme une mince vésicule, pendant que le protoplasma se contracte. Bientôt celui-ci s'étrangle en deux masses par un sillon annulaire. Puis chacune de ces deux moitiés s'aplatit et s'étrangle, de manière à former une fronde de Cosmarium. Il est remarquable que les plans d'étranglement de chacune des deux frondes sont perpendiculaires au plan de division de la zygospore et sont perpendiculaires entre eux, c'est-à-dire que dans la zygospore ces deux cellules étaient disposées en croix (fig. 174) ; après que la membrane de la cellule mère est dissoute, les deux jeunes plantes sont mises en liberté. Tous ces phénomènes ont duré de 24 à 48 heures. Bientôt la multiplication par division commence, et il est encore très-curieux que les cellules nées par *germination* ont leur enveloppe externe lisse, tandis que celles qui sont formées par division l'ont rugueuse et pointillée. Lors donc que la cellule née par germination va se dédoubler, les deux cellules qui en résulteront auront une de leur moitié unie, c'est la moitié ancienne, et une moitié rugueuse et plus grande, c'est la nouvelle moitié. Et quand chacune de ces cellules *secondes* va se dédoubler à son tour, elle produira, par sa jeune moitié, une cellule *tierce* tout entière rugueuse et, par l'ancienne moitié, une cellule rugueuse par sa nouvelle formation et lisse par l'ancienne demi-fronde dont la naissance remonte à la germination.

Les Desmidiées habitent les eaux douces, les étangs, les marais ; on les trouve en grande abondance dans les marais tourbeux et dans les *Sphagnum*. Elles forment, mêlées aux Algues filamenteuses et aux Diatomées, des enduits et des dépôts ordinairement verts sur les plantes et les objets submergés, ou bien des masses mucilagineuses flottant dans des amas de Conferves. On les trouve d'ailleurs dans toutes les parties du monde, représentées par les mêmes espèces, et elles ont dû exister dans la végétation de l'ancien monde, car on trouve des Zygospores épineuses (*Xanthidium*) à l'état fossile. D'après M. de Brébisson, les Desmidiées dont on connaissait, en 1839, 90 espèces en fournissaient déjà 300

en 1861 (1). La plupart forment des frondes libres, un petit nombre restent réunies en filaments ; enfin, dans un seul genre, les frondes sont portées sur une sorte de pédicelle rameux formé probablement de matière mucilagineuse épaissie (*Cosmocladium*).

C'est précisément sur ces détails qu'est fondée la classification de cette intéressante petite famille, dite des Desmidiacées.

I. Espèces dont les cellules restent réunies en filaments : **Desmidiées** (*Desmidium*, *Aptogonum*, *Didymoprium*, *Hyalotheca*, *Sphærozosma*, *Spondylosium*, *Leptocystinema*, *Gonatozygon*, *Genicularia*.

II. Espèces dont les cellules sont libres les unes des autres : **Micrastériées** : *Micrasterias*, *Tetrachastrum*; — **Cosmariées** : *Euastrum*, *Cosmarium*, *Cosmocladium*; **Xanthidiées** : *Xanthidium*, *Arthrodesmus*; — **Staurastrées** : *Staurastrum*; **Clostériées** : *Closterium*, *Ankistrodesmus*, *Docidium*, *Triploceras*, *Tetmemorus*, *Spirotœnia*, *Penium*.

II. — Les Diatomées.

Les Diatomées forment la dernière division du groupe des Algues et occupent dans le règne végétal la place que tiennent dans le règne animal les Infusoires avec lesquels on les a longtemps confondues. Malgré leur extrême petitesse, ces curieuses plantes présentent d'admirables détails de structure et d'organisation. Aussi, leur histoire est-elle une des plus attrayantes auxquelles nous initie le microscope, et leur étude a-t-elle inspiré des amateurs enthousiastes, car aucune n'est plus féconde en surprises toujours nouvelles et, pour ainsi dire, inépuisables.

Les Diatomées sont des Algues microscopiques formées d'une seule cellule qu'on appelle *frustule* et qui est renfermée dans une enveloppe siliceuse, rigide, et incombustible. Le frustule est composé de deux valves entre lesquelles règne une bande, appelée *bande connective*, qui divise le corpuscule en deux parties opposées,

(1) W. Archer. 4e édition de Pritchard, *History of infusoria*.

disposition dont dérive le nom donné à ces plantes (τέμνω, couper, διά, à travers), à l'intérieur est renfermé un endochrôme, de nuance verte ou, beaucoup plus souvent, d'un brun jaunâtre, contenant quelques gouttelettes d'apparence huileuse.

Ces Algues microscopiques vivent dans les eaux douces, dans la mer et dans les eaux saumâtres. Bien que la plupart des espèces appartiennent exclusivement à ces diverses sortes d'eau, quelques-unes qu'on trouve dans les eaux douces se rencontrent aussi dans les eaux salées. Il en est de même de quelques espèces marines. Ces dernières sont ordinairement plus grandes que les espèces d'eau douce. Elles habitent les parties tranquilles des eaux courantes et surtout les étangs, les mares, les cressonnières, les parcs d'huîtres; quelquefois libres, elles sont le plus souvent fixées sur les pierres ou les plantes submergées.

Elles sont, en effet, enduites d'une couche excessivement mince, d'apparence gélatineuse, qui leur permet d'adhérer assez fortement les unes aux autres ou bien aux corps submergés et aux plantes aquatiques sur lesquelles elles paraissent vivre comme en parasites. C'est ainsi que la plupart des Conferves et des Algues marines semblent, lorsqu'on les retire de l'eau et qu'on les examine à la loupe, couvertes de petits corps revêtant la forme de filaments ou de cristaux. C'est ce qu'on peut remarquer sur les amas de Conferves que l'on retire des étangs ou même sur l'épiderme du cresson que l'on vend en bottes, sur les marchés.

Un des caractères les plus curieux que présentent ces singulières Algues est de revêtir toujours une forme régulière et même géométrique, non-seulement dans leur aspect général, mais encore dans le détail des stries, lignes, points, sculptures, qui décorent leurs frustules. Les unes sont exactement circulaires, les autres elliptiques, d'autres encore disposées en triangle, en carré, en trapèze, en parallélogrammes divers. Lorsqu'elles se réunissent, elles se superposent le plus souvent en piles, et l'ensemble apparaît alors comme un filament plus ou moins long, maintenu à l'extérieur par l'enduit gélatineux dont nous avons parlé, et dont la section est circulaire, elliptique ou de toute autre forme, suivant la forme même des éléments superposés (fig. 180). Quelquefois, aussi, elles se

réunissent par leurs angles alternes et produisent ainsi des linéaments en zigzags capricieux qui figurent au premier abord une véritable cristallisation (fig. 175) ; d'autres, triangulaires, se réunissent sur une sorte de pédoncule comme les lames d'un éventail, ou même forment plusieurs tours de spire, ce qui tient d'ailleurs à leur mode de reproduction par division binaire, ainsi que nous l'expliquerons par la suite (fig. 177 et 178).

La matière siliceuse qui incruste la carapace des Diatomées, matière qui souvent contient du fer (silicate de fer), paraît se déposer à la surface de la membrane cellulaire sous forme de corpuscules excessivement fins constituant une sorte de croûte. Si l'on dissout cette incrustation par l'acide fluorhydrique, on trouve, au-dessous, la membrane cellulaire, de nature végétale, portant les mêmes stries, dessins et sculptures que la couche siliceuse (Bailey). La question de savoir si ces stries, ponctuations, etc., sont des protubérances ou des dépressions, est encore en discussion parmi les micrographes. Il est probable que, selon les espèces, les sculptures forment des saillies ou des *creux;* nous en parlerons plus en détail en examinant ces diverses espèces.

La carapace siliceuse des Diatomées permet à ces petites plantes de résister aux agents de destruction les plus énergiques, aux acides les plus puissants et au temps, plus puissant encore. C'est ainsi que, pour étudier leurs sculptures, on les débarrasse de la matière organique par l'ébullition dans l'acide nitrique qui laisse intacte la surface siliceuse, avec tous les fins détails dont elle est ornée.

Cette inaltérabilité permet encore à la carapace des Diatomées de résister à l'action digestive de l'estomac des animaux. On trouve une grande quantité de ces petites Algues dans l'intestin de tous les insectes aquatiques, et l'estomac si puissant des oiseaux est incapable de les dissoudre. Aussi, dans les amas de guano, excréments fossiles d'oiseaux qui se sont nourris de plantes marines ou de poissons chargés de Diatomées, trouve-t-on des quantités considérables de ces carapaces, parfaitement conservées et qui n'ont, pour ainsi dire, besoin que d'un lavage pour toute préparation. La plupart de ces espèces se retrouvent encore vivantes sur les Algues des parages voisins.

Mais ce n'est pas seulement dans les guanos qu'on trouve des Diatomées fossiles. Certaines couches géologiques ne sont formées que d'amas de leurs enveloppes ; et, entre autres, les *tripolis* dont on se sert pour le polissage des métaux sont presque entièrement composés de semblables débris. L'immense couche de tripoli exploitée à Bilin, en Bohême, sur une profondeur de 40 mètres, n'est formée que d'un dépôt de carapaces appartenant à des Diatomées du genre *Navicula*. Le dépôt de Planitz, en Saxe, est constitué de la même manière par des Navicules d'eau douce. En France, on en a trouvé aussi qui sont composés d'espèces marines dans les terrains tertiaires. La détermination des espèces de Diatomées fossiles permet donc de préciser la nature des alluvions, et cette détermination est facile, car la plupart de ces espèces se trouvent encore vivantes de nos jours.

C'est ainsi que l'on retrouve « des preuves évidentes, dit M. J. Girard, du séjour des eaux dans des dépôts recouverts aujourd'hui d'épaisses couches de terre. Berlin repose sur une tourbe argileuse de 7 à 20 mètres de hauteur, composée de débris de Diatomées. Le lit inférieur de l'Elbe, jusqu'au-dessus de Hambourg, est encombré de vases auxquelles sont mélangées des dépouilles organiques microscopiques. A Wismar (Mecklembourg-Schwérin), il se dépose par an 640 mètres cubes de corps siliceux analogues aux Diatomées. En 1839, on a retiré du bassin du port de Swinmunde, à l'embouchure de l'Oder, 90,000 mètres cubes de vase dont le tiers se composait d'organismes microscopiques ; ces êtres vivent sous tous les climats ; les limons des fleuves en charrient des milliards ; les vases de la mer Noire et du Bosphore contiennent jusqu'à 46 espèces déterminées par le micrographe Ehrenberg. On en a trouvé dans les eaux qui avoisinent les glaces du pôle antarctique ; les rivières et les marais salants de tous les pays en sont remplis. Dans la Géorgie, dans la Floride, des vases diatomifères forment des bancs d'une étendue considérable. Des organismes microscopiques ont aussi été découverts dans le sens vertical, résultat probable du séjour des eaux à des époques préhistoriques. On signale les Diatomées par couches prodigieuses : la ville de Richmond (Virginie) est bâtie sur un lit de leurs débris, qui a 6 mètres d'épais-

seur (Smith). Dans l'île de Mull (Écosse), le lac Boa, dont le fond desséché appartient à la période jurassique, a fourni au professeur Grégory 130 espèces nouvelles. »

Quant aux couches qui sont exploitées pour fournir aux arts les tripolis, elles sont nombreuses aussi, mais il faut le dire, leurs produits sont souvent falsifiés avec du sable plus ou moins fin, mais qui ne présente pas les arêtes vives et fines des carapaces de Diatomées, arêtes dont l'action est indispensable pour obtenir le polissage des métaux. Cette falsification sera donc facile à reconnaître par le microscope. C'est ce qui avait engagé jadis M. de Brébisson, l'un de nos plus savants botanistes et habile diatomophile, à essayer de produire, pour le polissage des plaques daguerriennes, un tripoli artificiel résultant de l'incinération d'une Diatomée filamenteuse, l'*Himantidium pectinale*, abondante, sous forme de masses d'un brun verdâtre flottant dans les sources de nos bois, à l'automne ou au printemps. L'expérience réussit complétement.

Ainsi, les Diatomées ont existé de tout temps et existent encore en quantité prodigieuse à la surface du globe, mais, de plus, les mêmes espèces subsistent. Enfin, leur répartition, sous le point de vue de la géographie botanique, paraît à peu près indéterminée, car ces mêmes espèces se trouvent en Europe, en Asie, en Amérique, à peu près dans tous les climats et sous toutes les latitudes.

Pour expliquer la profusion avec laquelle elles ont été répandues à tous les âges de notre planète, il faut que leur reproduction se fasse avec une extrême rapidité. C'est en effet ce qui a lieu.

Les Diatomées, avons-nous dit, se reproduisent par division de l'individu en deux autres ; mais elles se reproduisent encore par conjugaison.

Les procédés de division observés dans les Diatomées diffèrent dans quelques-uns de leurs détails, suivant la forme des valves qui composent le frustule. D'une manière générale on peut le décrire de la manière suivante :

Sur le milieu de la bande plus ou moins large qui réunit les deux valves l'une à l'autre, on voit apparaître une ligne longitudinale qui est le premier indice de la division de la cellule. En même temps,

la bande connective s'élargit, quelquefois de manière à doubler la largeur du frustule (*Biddulphia*). Bientôt on voit se former, sous cette bande, deux nouvelles valves (fig. 175) opposées dos à dos, de sorte que la cellule primitive se trouve divisée en deux nouvelles cellules dont chacune est formée d'une valve ancienne et d'une valve nouvelle. Ces deux cellules sont souvent entièrement formées sous la bande connective qui les enveloppe, laquelle, plus tard,

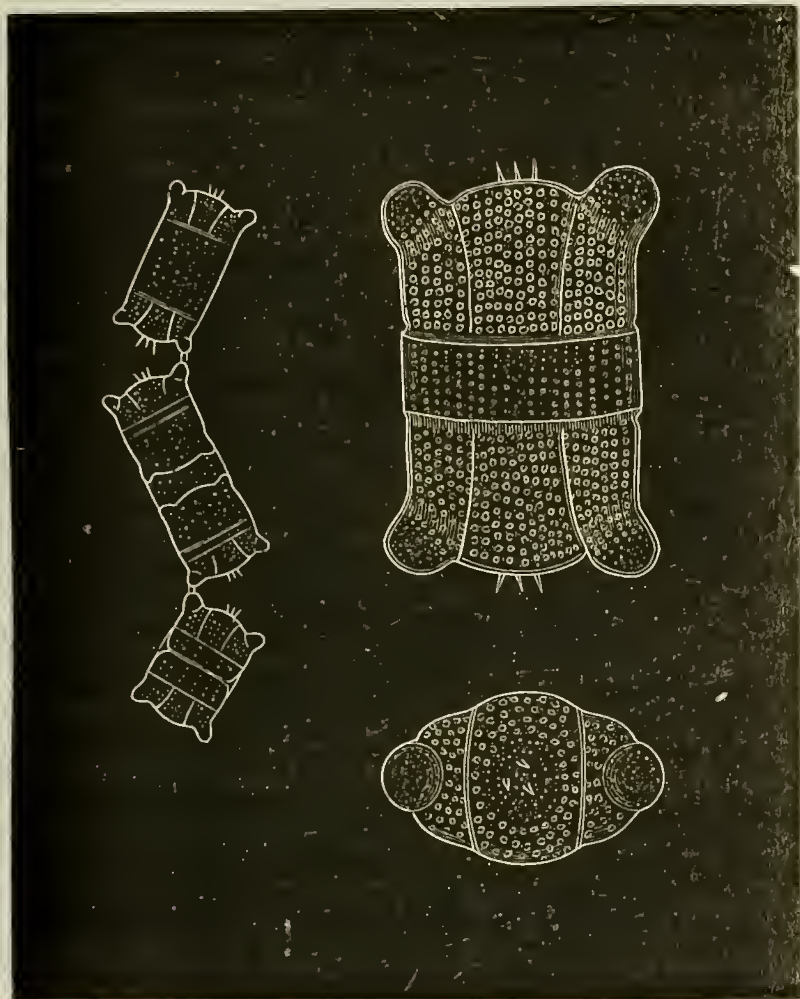


Fig. 175. — *Biddulphia pulchella.*

A droite, en haut, frustule très-grossi, vu de face ; les valves supérieure et inférieure, sont réunies par la bande connective transversale. En bas, frustule vu de profil. — A gauche, un filament, moins grossi, composé de trois frustules unis par leurs angles alternes ; dans le frustule supérieur la division se prépare et la bande connective s'élargit, dans le frustule inférieur, la division est commencée et l'on voit les deux cellules nouvelles, à travers la bande connective. Dans le frustule moyen, la division est achevée et les deux cellules formées n'ont plus qu'à se séparer par la disparition de la bande connective.

lorsque les deux jeunes cellules se séparent, est éliminée. Aussi trouve-t-on une grande quantité de ces débris dans les sédiments des mares et des ruisseaux. Dans d'autres espèces, la bande disparaît complétement dès que s'annonce la subdivision de la cellule. Ce mode de multiplication est extrêmement rapide ; Thwaites a évalué à vingt-quatre heures le temps nécessaire à cette opération, de

sorte que si l'on admettait que chaque frustule ainsi formé soit immédiatement en état de se diviser à son tour, la Diatomée primitive aurait produit, au bout d'un mois, un milliard cent vingt-deux millions de jeunes plantes.

Mais, dans certaines espèces, au moins, la jeune Diatomée ne paraît avoir pris qu'au bout de quelques jours tout son développement. Ce développement, d'ailleurs, n'arrive pas ordinairement à reproduire une plante de même taille que la plante primitive. Toute Diatomée provenant de multiplication par division est, comme on le voit, formée de deux valves d'âge différent, dont l'une, la nouvelle, reste presque toujours un peu plus petite que l'ancienne qui la recouvre par les bords comme un couvercle de boîte ; d'où il résulte que les individus ainsi formés sont de plus en plus petits. Cette différence de taille, insensible sur deux cellules contiguës, est très-manifeste si l'on compare les cellules qui forment les extrémités d'un même filament, lorsqu'elles restent groupées en séries après leur formation. C'est ainsi que ces petites plantes se multiplient à l'infini et, comme nous l'avons déjà remarqué à propos des Desmidiées, chaque individu se multiplie par ce procédé avec tous les détails particuliers qui le distinguent, de sorte que, d'un lieu à un autre, on voit apparaître de nombreuses variétés dont on a souvent fait des espèces distinctes et qui ne diffèrent parfois que par des caractères insignifiants ou par la taille.

Il semble que ce soit précisément pour remédier à cette diminution progressive de la taille que les Diatomées ont recours à la reproduction par génération sexuée, c'est-à-dire par conjugaison, car le phénomène le plus remarquable de cette conjugaison est précisément la mise en liberté d'une spore de volume considérable et que pour cette raison on appelle *auxospore*.

Deux cellules voisines entr'ouvrent leurs valves et expulsent à l'extérieur tout leur endochrôme, à l'état de cellule primordiale. Les deux endochrômes se confondent en une masse unique qui s'entoure d'une couche mucilagineuse, prend un grand accroissement et constitue l'*auxospore*. Cette grande cellule ne germe pas, dans le sens propre du mot, mais peu à peu se transforme en un frustule semblable aux parents, mais plus grand (fig. 176). Celui-ci renou-

velle le type de l'espèce, il diffère d'ailleurs par quelques petits détails extérieurs des cellules mères qui lui ont donné naissance, ainsi qu'il arrive pour les Desmidiées résultant du développement de la Zygospore (voir p. 535, *Cosmarium*). De sorte, qu'en se multipliant par division, ce frustule donne aussi des produits dont les deux valves ne sont pas absolument identiques.

Dans les *Epithemia*, la conjugaison paraît se doubler d'une division. Lorsque le frustule ouvre ses valves, il expulse deux masses d'endochrôme correspondant à chacune de ses moitiés, et ces deux masses se confondent avec les deux masses semblables émanées de la cellule conjuguée. Il y a donc formation de deux auxospores qui se comportent, d'ailleurs, comme dans le cas précédent.

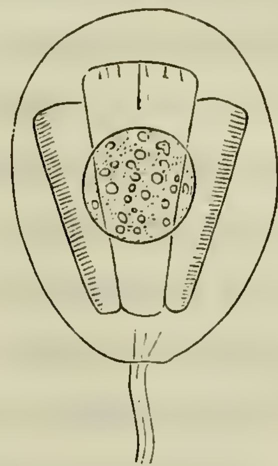


Fig. 176. — *Gomphenema geminatum.* Conjugaison et formation d'auxospore.

Les deux cellules conjuguées, portées sur un pédicelle, se sont enveloppées d'une masse mucilagineuse à travers laquelle on ne distingue plus qu'indistinctement les stries des frustules; entre elles apparaissent l'auxospore et le frustule nouveau, agrandi, qui en résulte.

Mais il arrive aussi que, dans les Diatomées filamenteuses, deux cellules voisines sur le même filament se conjuguent entre elles, phénomène qui a passé inaperçu et a fait croire que l'auxospore peut se former par la mise en liberté pure et simple du protoplasma d'une cellule unique. Nous pensons que toutes les fois qu'une auxospore se forme sur la longueur d'un filament, elle provient du concours de deux cellules voisines. Ainsi, les *Melosira* sont constitués par des filaments composés d'articles cylindriques ou ovoïdes bout à bout, mais, de distance en distance, on remarque des articles dont le diamètre est souvent trois fois plus grand que celui des autres. Ces articles sont des auxospores, que l'on trouve quelquefois en voie de subdivision, et qui sont formées par la conjugaison de deux cellules contiguës, ou même des deux parties d'une même cellule qui s'étaient séparées pour se diviser en deux cellules et dont l'endochrôme, déjà divisé, s'est réuni de nouveau en une seule masse ou auxospore. Cette dernière peut alors s'isoler, mais le plus souvent elle reste, grâce au mucilage qui l'entoure, dans la continuité du filament où elle commence bientôt à se diviser, pendant que les petites cellules ordinaires se divisent aussi, ce

qui produit dans le filament des différences de diamètre dont on a longtemps ignoré l'origine.

Quant aux auxospores, dont l'accroissement se fait toujours avant qu'elles se soient revêtues de leur couche siliceuse, il est possible qu'elles puissent éprouver un autre mode de développement que la division binaire. Il est possible qu'elles germent en fractionnant leur protoplasma et en mettant en liberté un plus ou moins grand nombre de spores résultant de ce fractionnement; lesquelles spores, après avoir pris un accroissement proportionné à l'espèce, se revêtent du dépôt siliceux et se transforment en frustules ordinaires. Cela est possible, probable même, d'après diverses observations de Focke, mais rien de certain n'a été signalé sur ce sujet.

L'un des points les plus curieux de l'histoire des Diatomées est le mouvement dont sont douées un grand nombre d'espèces, et particulièrement les Navicules. Outre la propriété qu'ont les Diatomées de se diriger vers la lumière, propriété qu'elles partagent avec toutes les plantes, qui dirigent naturellement leurs rameaux et leurs fleurs vers le point le plus éclairé, propriété que ces Algues minuscules mettent en évidence d'une manière bien nette, grâce à ce qu'elles vivent ou peuvent vivre libres et sans attaches dans l'eau, elles sont douées d'une motilité qui *semble* spontanée et volontaire. Si l'on dépose sur le porte-objet une goutte d'eau tenant en suspension plusieurs Navicules vivantes, on les voit aussitôt se mettre en mouvement et se diriger toutes, comme autant de petites nacelles (d'où le nom qu'on leur a donné), dans un sens différent, ce qui prouve que le mouvement n'est pas dû à un courant établi dans le liquide. Ce mouvement n'est pas non plus cette vibration, pour ainsi dire, sur place, qu'on appelle mouvement moléculaire ou brownien. Il y a, chez les Navicules et beaucoup d'autres Diatomées, notamment dans toute la tribu des Ambulatoriées, un mouvement complet de déplacement, semblable à celui des Oscillaires, qui peut se prolonger assez longtemps et qui se fait toujours dans le sens de la longueur du frustule. Souvent, d'ailleurs, le petit corps, après s'être avancé dans un certain sens, s'arrête plus ou moins longtemps et repart bientôt en sens contraire. La plupart du temps il va, pour ainsi dire, aveuglement, se jetant sur ses voisins ou sur les

obstacles qui se trouvent devant lui, et c'est alors que, d'ordinaire, il rebrousse chemin ; mais quelquefois, cependant, il paraît se détourner, comme par un secret instinct, des corps qui peuvent l'arrêter. Cet effet est dû, sans doute, à une petite différence dans la densité de l'eau qui se trouve un peu condensée dans une certaine zone autour des corps immergés par un effet d'attraction moléculaire ou capillaire.

Les Diatomées qui vivent associées en groupes sous forme de filaments, d'arborisations ou d'éventails, peuvent aussi exécuter ces mouvements, si pour une cause quelconque leurs frustules deviennent libres. Des espèces filamenteuses peuvent même se mouvoir partiellement et sans se séparer, c'est-à-dire que certains frustules se déplacent dans l'intérieur du tube gélatineux qui les réunit, et sans le rompre. Il en est même dont les mouvements sont fort bizarres ; tel est, par exemple, le *Baccillaria paradoxa* qui est composé de plusieurs frustules en bâtonnets, associés parallèlement les uns aux autres, de manière à former une sorte de tablette quadrangulaire. Bientôt le premier de ces bâtonnets glisse sur le second, parallèlement à sa direction, de manière à ne plus toucher la tablette que par une de ses extrémités. Puis, le second bâtonnet, imitant le mouvement du premier, glisse à son tour et va se ranger sous le premier, puis le troisième sous le second, et ainsi de suite jusqu'à ce que tous les frustules se soient déplacés. La tablette s'est ainsi avancée latéralement de toute sa largeur. Alors le premier bâtonnet recommence son mouvement en sens contraire et reprend la position qu'il occupait d'abord ; le second le suit bientôt, puis le troisième, etc. Et le phénomène se reproduit ainsi à peu près indéfiniment.

Ces mouvements des Diatomées ont fait classer autrefois ces êtres singuliers dans le règne animal, parmi les Infusoires. Tel fut l'avis d'Ehrenberg, du Dr Mandl, de Thwaites, mais Pritchard, Carpenter, Griffith et Henley, Rabenhorst, Dujardin et la plupart des micrographes de nos jours les rangent, et, selon nous, avec raison, parmi les végétaux, mais pour ainsi dire à la dernière limite, et là où la matière organisée semble hésiter entre les deux règnes, participant d'une manière affaiblie à quelques propriétés de l'un et de l'autre.

Ehrenberg avait placé les Diatomées dans le règne animal parce qu'il avait cru reconnaître sur leurs carapaces de petites ouvertures semblables à celles de la coque des *Foraminifères*, par lesquelles il supposait que le petit être émettait des cils vibratiles, et Thwaites annonça avoir observé ces filaments. Mais aujourd'hui ces ouvertures ont été reconnues comme étant des protubérances imperforées, et les cils des appendices rigides et immobiles, absolument impropres à la locomotion. Quelques espèces, toutefois, paraissent présenter en certains points des espèces de pores où la silicification manque et par lesquels la cellule végétale peut se mettre en rapport avec l'eau ambiante.

Quoi qu'il en soit de la motilité de ces Algues microscopiques, elle n'est pas égale aux diverses époques de leur développement ; elle est surtout énergique alors que l'endochrôme prend son plus grand accroissement, diminue, pour cesser bientôt, quand l'endochrôme commence à se désagréger. Enfin, à une température voisine de celle de la glace, tout mouvement est arrêté, mais il recommence quand la température s'élève.

Cette intéressante famille a été divisée en 16 tribus contenant un très-grand nombre d'espèces. Il est probable que le tableau de ces espèces sera notablement réduit quand on les connaîtra mieux. Ainsi que le remarque W. Smith, beaucoup de types ont été élevés au rang d'espèces et ne sont que de simples variétés dont la multiplication est due au procédé de division binaire ; bien des formes dont on a fait des genres distincts ne sont, sans doute, que les différents âges d'une même espèce. Aucune famille peut-être, si ce n'est celle des Desmidiées, n'est plus féconde en variétés qui se reproduisent indéfiniment par division binaire, mais dont les signes particuliers disparaissent lors de la reproduction sexuée, laquelle ne laisse subsister que les caractères plus généraux de l'espèce.

Nous donnons ci-dessous la nomenclature des principaux genres qui composent la famille des Diatomées, genres parmi lesquels nous choisirons ensuite quelques espèces particulièrement remarquables pour les étudier avec plus de détails.

1° **Licmophorées** : genres *Licmophora*, *Rhipidophora*, *Podosphenia*, *Meridion*.

2° **Fragilariées** : genres *Fragilaria*, *Grammonema*, *Odontidium*, *Diatoma*, *Denticula*.

3° **Striatellées** : genres *Striatella*, *Rhabdonema*, *Tabellaria*, *Grammatophora*, *Hyalosira*, *Terpsinöe*.

4° **Surirellées** : genres *Campylodiscus*, *Surirella*, *Cymatopleura*, *Tryblionella*, *Synedra*, *Nitzschia*, *Amphipleura*.

5° **Coscinodiscées** : genres *Coscinodiscus*, *Actinocyclus*, *Actinoptychus*, *Eupodiscus*, *Heliopelta*, *Aulacodiscus*, *Auliscus*, *Asterolampra*, *Asteromphalus*.

6° **Mélosirées** : genres *Melosira*, *Podotella*, *Cyclotella*.

7° **Biddulphiées** : genres *Biddulphia*, *Isthmia*, *Amphitetras*, *Triceratium*.

8° **Chætocérées** : genres *Chætoceros*, *Bacteriastrum*, *Rhizosolenia*

9° **Eunotiées** : genres *Himanditium*, *Epithemia*, *Eunotia*.

10° **Achnanthées** : genres *Achnanthes*, *Achnantidium*, *Cocconeis*.

11° **Cymbellées** : genres *Cocconema*, *Cymbella*, *Amphora*, *Amphiprora*, *Encionema*.

12° **Gomphonémées** : genre *Gomphonema*.

13° **Schizonémées** : genres *Schizonema*, *Colletonema*, *Rhaphidogloia*, *Mastogloia*.

14° **Naviculées** : genres *Navicula*, *Frustulia*, *Stauroneis*, *Pleurosigma*, *Toxonidea*, *Pinnularia*.

15° **Actiniscées** : genres *Dictyocha*, *Mesocena*.

16° **Ambulatoriées** : genres *Atomaria*, *Orvictaria*, *Equisetaria*, *Trachearia*, *Scalaria*, *Biserialia*, *Precatoria*.

Description de quelques espèces.

Le premier groupe, des **Licmophorées**, est composé d'espèces à frustules cunéiformes associés en éventail sur un pédoncule plus ou moins rameux, qui est une expansion de la matière gélatineuse enveloppante ou plutôt, peut-être, du protoplasma intérieur de la cellule, et qui s'allonge à chaque division de cette cellule. Parmi ces

espèces, nous citerons le *Licmophora splendida* (fig. 177) dont les frustules sont marqués de fines stries longitudinales, visibles surtout sur les bords de l'éventail, et de protubérances, en forme de perles arrangées dans le même sens. Rien n'est plus gracieux que les arborescences formées par cette élégante Diatomée et sa voisine le

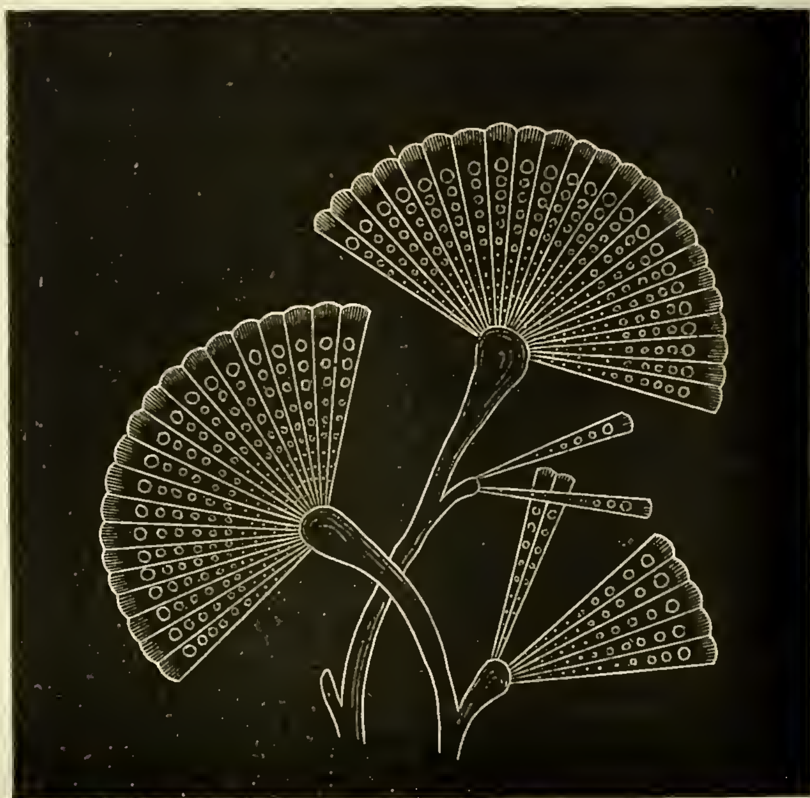


Fig. 177. — *Licmophora splendida.*

L. flabellata. Le *Rhipidophora paradoxa* se présente à peu près sous le même aspect ; il se compose de frustules en forme d'aviron ou de massue aplatie dont l'extrémité est marquée par un double trait et qui mesurent de $0^{mm},0410$ à $0^{mm},0575$ de longueur sur $0^{mm},0080$ à $0^{mm},0100$ de largeur.

Le *Meridion circulare* est une des espèces dont les frustules se juxtaposent de manière à composer un cercle complet et même plusieurs tours de spire, en forme de pas de vis. Ces frustules, en lame d'éventail, sont marqués, sur leur bord libre, de deux perles allongées longitudinalement, et sur leurs bords contigus d'une série de perles transversales qui vont en diminuant de grandeur et en se resserrant vers la pointe du frustule. Ces perles correspondent sur chaque élément à celles de l'élément voisin et semblent, au premier abord, à cheval sur la ligne de séparation des frustules (fig. 178).

C'est dans le groupe des **Fragillariées** que se place le *Diatoma vulgare*, dont les frustules, en rectangle allongé lorsqu'on les voit

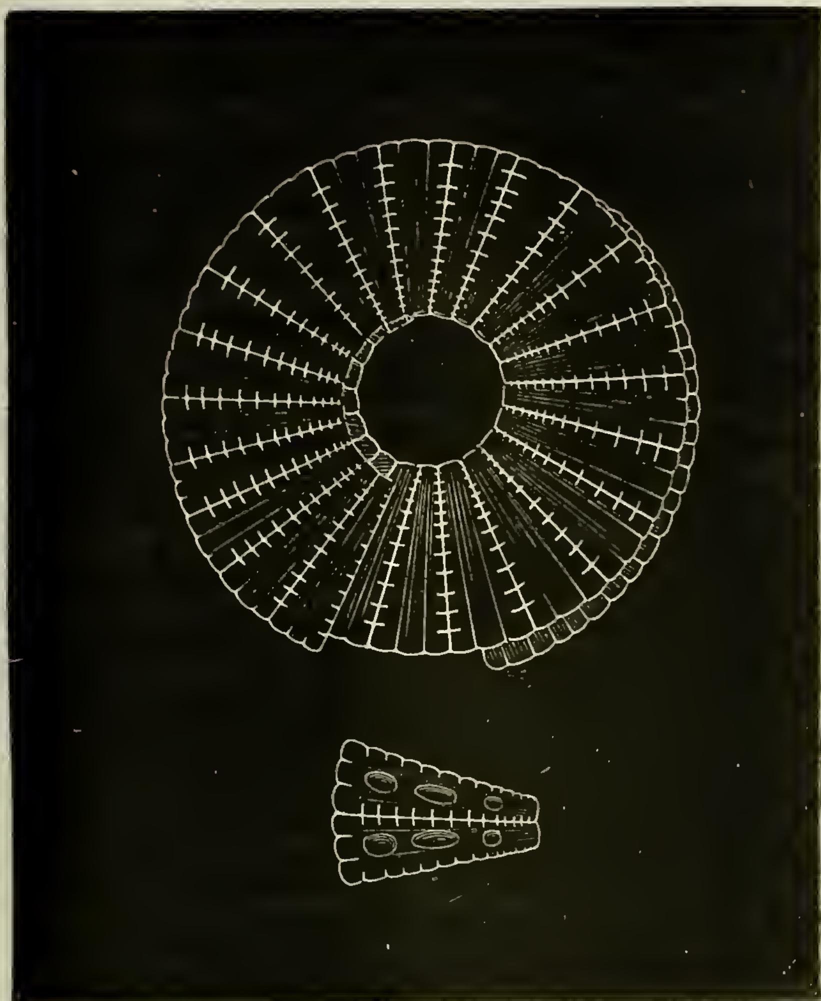


Fig. 178. — *Meridion circulare.*

Le cercle supérieur représente une série de frustules formant deux tours de spire, et lavés comme on le fait pour toutes les Diatomées, à l'acide nitrique, pour détruire la matière organique; les deux frustules placés au bas de la figure sont examinés à l'état vivant et présentent trois masses d'endochrôme.

de face (fig. 179), portent des stries transversales sur le bord de chaque valve et se groupent par leurs angles à l'aide d'un petit mamelon mucilagineux, de manière à former un zigzag (1). Vus de

(1) Il y a deux manières de considérer les Diatomées : de face et de profil. On les compare à un mollusque bivalve, une moule, par exemple. Si l'on place celle-ci à plat, de manière qu'en la regardant par-dessus on ne voie qu'une valve, l'animal est sur le flanc et on le voit de profil (*side-view* des Anglais). Si on le redresse, au contraire, de manière à voir les deux valves à la fois et leur ligne de séparation, au milieu, l'animal est de face et on voit la coquille de front ou de face (*front-view*). On indique de la même manière la position des frustules des Diatomées. Ainsi, chacun des quatre frustules réunis en série brisée, dans la figure 179 qui représente un *Diatoma*, montre, de chaque côté, les deux valves striées, et, au milieu, la bande connective ; la Diatomée est donc vue de face ; au contraire, le frustule isolé, en tête de la gravure, est posé à plat et on ne voit qu'une de ses valves ; c'est donc une vue de profil. On reconnaît que ces deux aspects peuvent être très-différents. Dans la figure 180 on a une vue de face de cinq frustules de *Fragiaria*.

profil, ils ont l'aspect d'une petite nacelle et portent une ligne médiane longitudinale coupée par les stries transversales dont on voit les extrémités sur la *face*. Ces frustules ont très-peu d'adhérence les uns avec les autres et se séparent facilement pour vivre isolés. Cette espèce est très-commune dans tous les étangs et les mares (fig. 179).

Les *Fragillaria*, à filaments très-*fragiles* aussi, ressemblent beaucoup aux *Diatoma*, mais leurs frustules se groupent parallèlement les uns aux autres et non par leurs angles (fig. 180).

Les **Striatellées** forment un groupe tout à fait distinct et caractérisé par des nervures, ou côtes, de différentes formes, qui règnent sur la longueur du frustule, sans aller jusqu'au centre toutefois, et qui sont produites par des épaississements de la membrane siliceuse, épaississements formant des saillies intérieures et comme des fausses cloisons dans la cellule.

Le *Rhabdonema arcuatum* en fournit un des exemples les plus communs. Ses frustules ont l'aspect d'anneaux ellipsoïdaux empilés les uns au-dessus des autres, parallèlement; les nervures longitu-

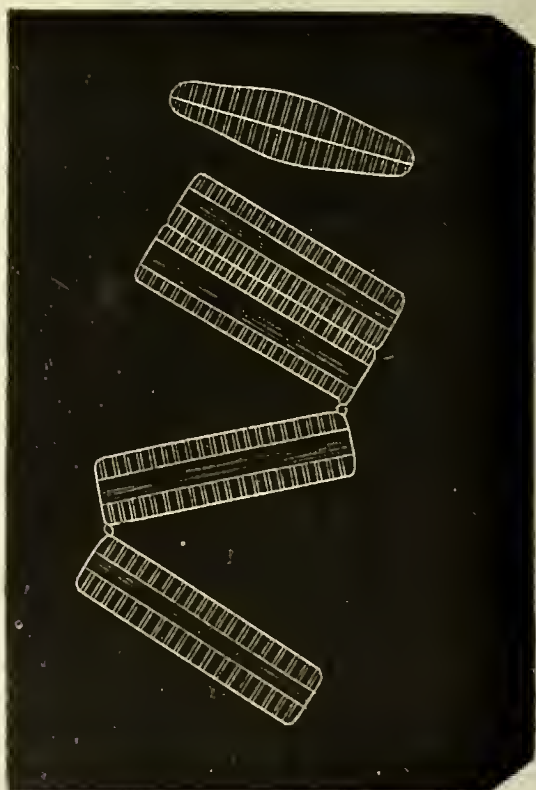


Fig. 179. — *Diatoma vulgare*.
Quatre frustules réunis, de face; un frustule libre, de profil.



Fig. 180. — *Fragilaria*.

dinales sont rectilignes et, entre elles, sont disposées de petites stries transversales très-faciles à distinguer.

Les *Grammatophora marina*, *subtilissima*, *serpentina*, etc., sont très-remarquables par la forme des nervures longitudinales qui sont sinueuses et ont absolument l'aspect de quatre petits serpents disposés par paires, l'un devant l'autre. Le nombre des sinuosités

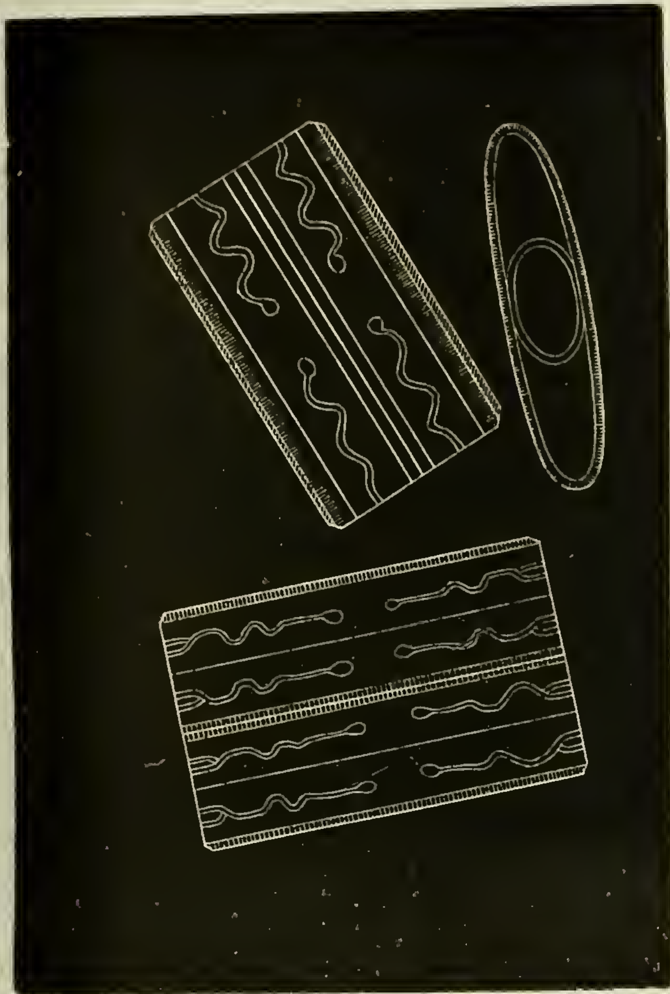


Fig. 181. — *Grammatophora marina* (de face et de profil) ; *Gr. subtilissima*).
(Obj. à immersion N° 8, H. et Prazmowski ; 1/8 p. Pow. et Lealand ; imm. N° 1, Zeiss.

formées par ces lignes serpentées ne paraît pas être fixe, mais varier avec la taille des frustules, car on en trouve de deux à cinq ou six (fig. 181).

Les bords de chaque frustule sont marqués de petites stries parallèles excessivement fines et très-difficiles à apercevoir. Aussi les *Grammatophora* forment-ils des tests-objets fort employés. Les stries des bords exigent, au moins, les objectifs N. 5 de Nachet, 7 de Hartnack et l'emploi de la lumière oblique. Les condenseurs achromatiques de J. Beck, Powell et Lealand, Swift, Abbé, permettent d'apercevoir ces stries dans la lumière centrale avec les objectifs de 1/5 de pouce et avec ceux de Nachet, Hartnack, que nous avons désignés ci-dessus.

Les *Grammatophora* mesurent $0^{mm},0300$ à $0^{mm},0500$ et plus sur $0^{mm},0130$, à $0^{mm},0300$ suivant les espèces et les frustules. Les stries des bords sont distantes d'environ $0^{mm},0003$ les unes des autres dans les *Gr. marina* et *subtilissima.*

Ces Diatomées vivent dans les eaux marines ou saumâtres. Les frustules se groupent par les angles, de manière à former des séries en zigzag.

Les **Surirellées** forment un groupe considérable et riche en espèces très-élégantes, au nombre desquelles nous compterons les *Campylodiscus* formés de frustules à valves élargies en disque, mais contournées comme une selle. Ces espèces, dont la carapace est marquée de différentes sculptures, suivant les espèces, présentent à la périphérie des valves, des côtes ou nervures qui ont été considérées par M. Smith comme des canalicules s'ouvrant au dehors et par lesquels l'eau ambiante peut pénétrer dans la cellule. C'est même par le passage de l'eau dans ces canalicules qu'on a cherché à expliquer le mouvement des Diatomées. Mais il est très-incertain que ces nervures soient des canaux, car, examinés avec des objectifs puissants à grand angle d'ouverture, elles paraissent se résoudre en des rangs de petites protubérances ou perles, comme en présentent un grand nombre d'autres Diatomées.

L'examen des *Campylodiscus* est, du reste, assez difficile avec des objectifs puissants, en raison de la forme contournée des frustules dont il n'est possible de mettre toute la surface au foyer des lentilles qu'avec des objectifs faibles, attendu, d'ailleurs, que la dimension de ces frustules est relativement assez considérable. ($0^{mm},1190$ de diamètre en projection) (fig. 182).

Les *Campylodiscus costatus*, *clypeus*, etc., vivent dans l'eau salée et dans les eaux douces, suivant les espèces. Certaines terres fossiles, notamment celle de Soos près Ezer, en Bohême, renferment aussi des quantités prodigieuses de valves du *C. clypeus.*

Les *Synedra* ont, au contraire, une forme très-allongée, bacillaire, avec les extrémités arrondies. Toute la surface du frustule est rayée transversalement de stries parallèles très-faciles à distinguer. Le *Synedra superba* mesure $0^{mm},4400$ de long sur $0^{mm},0225$ de large.

On trouve le *Synedra ulna* en grande quantité dans les dépôts fossiles, notamment dans ceux de Mourne-Mountain, en Irlande. Les espèces vivantes sont aussi très-nombreuses (fig. 183).

La plus célèbre des Surirellées est le *Surirella gemma* dont nous avons parlé à propos des tests-objets. Cette Diatomée délicate sert,

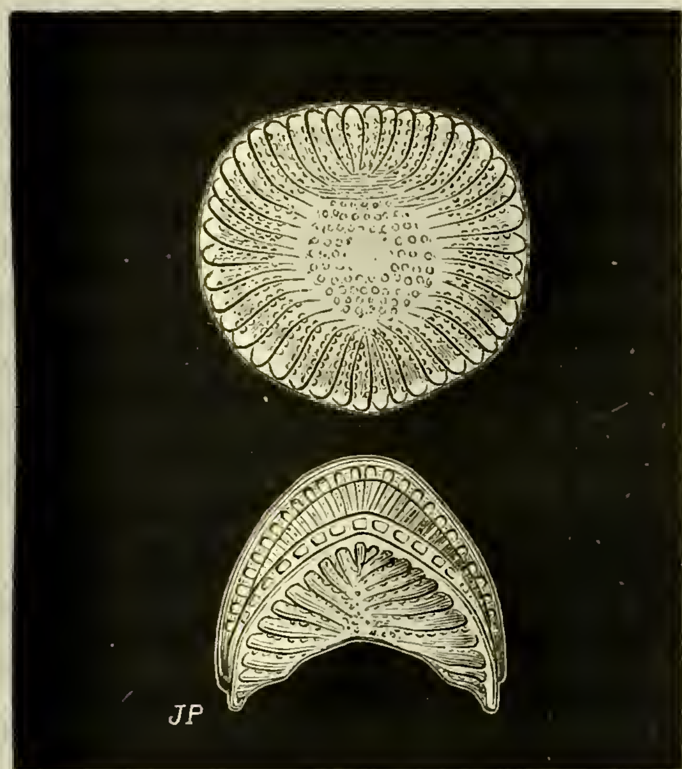


Fig. 182. — *Campylodiscus costatus.*

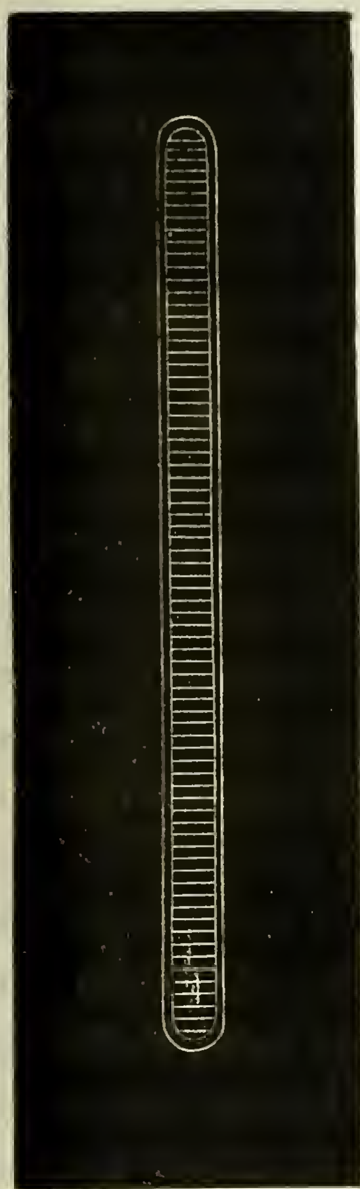


Fig. 183. — *Synedra obtusa.*

en effet, à apprécier le pouvoir résolvant des objectifs, et la résolution de ses plus fines stries est très-difficile (fig. 184).

Elle consiste en un frustule ovalaire, plus ou moins allongé, d'une longueur de 90 à 130 millièmes de millimètres, sur une largeur de 20 à 25, divisé en deux parties par une ligne médiane longitudinale profondément accentuée. De cette ligne partent une série d'autres lignes transversales un peu obliques, très-marquées aussi. Ces lignes sont visibles avec les objectifs les plus faibles, mais avec des lentilles plus puissantes (objectif 5, N.) on distin-

gue, même avec un éclairage central, mais surtout dans la lumière oblique, entre les lignes transversales, une série de stries, transversales aussi, très-pâles et très-rapprochées les unes des autres, ainsi qu'on le voit dans la partie gauche de la figure 184. Ces lignes sont faciles à voir, mais il n'en est plus de même d'un autre système de stries légèrement sinueuses, tracées dans le sens longitudinal, et excessivement fines, telles qu'elles sont *à peu près* représentées dans la partie droite de la figure. Ces lignes sont excessivement difficiles à saisir; elles sont plus vigoureusement marquées dans les lignes transversales très-accentuées du premier système, ce que la gravure n'a pas bien rendu (voir fig. 188, *a*).

En somme, le *Surirella* présente trois systèmes de lignes : le premier, composé par la ligne médiane et les premières transversales formant comme une arête de poisson, système qui apparaît même avec l'objectif N° 0 de Nachet. Le second système est formé des stries transversales parallèles aux précédentes et qui subdivisent chaque segment du frustule comme en une infinité de petites tranches, système un peu plus difficile à voir et qui exige l'objectif 5, avec la lumière centrale, ou mieux encore la lumière oblique (côté gauche de la figure 184).

Enfin, le troisième système est formé des stries sinueuses longitudinales, lesquelles exigent de très-forts grossissements et une certaine habileté d'éclairage. Il faut employer l'éclairage oblique et une lumière très-intense. Le N° 9, à sec, de Prazmowski, permet de les distinguer quand la lumière est très-favorable, et particulièrement le N° 9 à 4 lentilles.

Mais si l'on emploie les admirables objectifs de Hartnack et Prazmowski, Powell et Lealand, Zeiss, de grand pouvoir amplifiant avec un angle d'ouverture très-large, et si l'on reçoit l'image sur une lame sensibilisée placée à une certaine distance, on peut obtenir des épreuves photographiques du *Surirella* sous des grossissements énormes ; alors, on constate que ces stries légèrement sinueuses et dont on a comparé l'effet à celui que produiraient les osiers entrelacés d'un panier, sont les intervalles laissés entre elles par des rangées très-serrées de très-petites éminences ovalaires, comme des rangs de perles qui se suivent trois par trois sur une

ligne brisée (1). La sensation des lignes sinueuses *ad* est formée par la disposition de ces rangées, et la sensation des lignes transversales est donnée par la concordance à un même niveau des perles des rangées voisines *cb* groupées. Chacun de ces deux systèmes est plus apparent suivant la direction de la lumière oblique qui éclaire la préparation. Si le rayon est parallèle à la direction du grand axe des frustules, ce sont les stries rectilignes transversales *cb* qui apparaissent, et s'il est parallèle au petit axe on distingue les lignes sinueuses longitudinales *ad* (fig. 185).

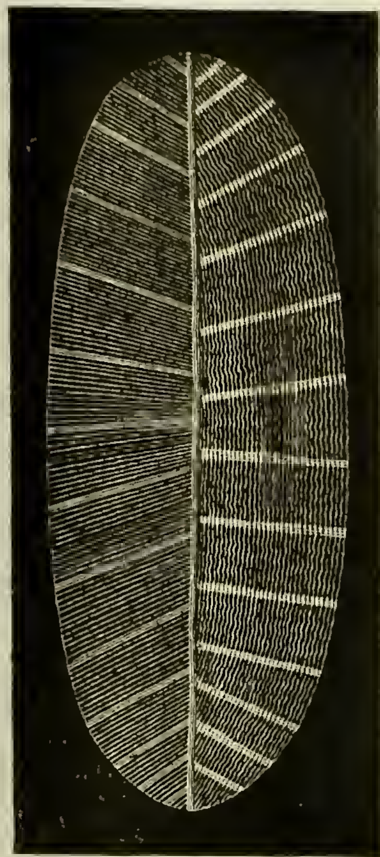


Fig. 184. — *Surirella gemma.* (Objectifs à immersion : N° 8 H. et Prazm., 1/8 p. Pow. et Leal., N° 2, (imm.) Zeiss; 1/10 p. Beck.

Il arrive souvent que l'on remarque sur les bords de la Diatomée un contour sinueux double, triple ou même quadruple, lorsqu'on éclaire la préparation avec la lumière oblique dans le sens transversal (petit axe); il ne faut pas confondre cette apparence, qui résulte seulement d'un effet de diffraction, avec les stries dont nous parlons, lesquelles sont beaucoup plus fines et plus serrées. Il est rare d'ailleurs qu'on puisse observer ces dernières autrement que sur une petite partie à la fois de la Diatomée, parce que toutes ces parties ne se trouvent pas en même temps au foyer. En faisant tourner la platine et en manœuvrant doucement la vis micrométrique, on peut observer les stries successivement dans tous les segments du frustule, si la préparation est bonne.

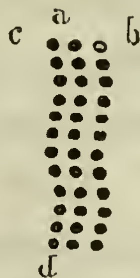


Fig. 185. — Schéma des systèmes de *perles* du *Surirella gemma.*

En s'aidant des rayons solaires auxquels on fait traverser une dissolution de sulfate de cuivre ammoniacal placée dans un vase à faces parallèles, avant de la recevoir sur le miroir, disposé de manière à les diriger

(1) Voir les superbes photographies de Diatomées obtenues par le docteur Woodward, de Philadelphie, avec les objectifs 1/8 et 1/16 de pouce de Powell et Lealand.

obliquement sur la préparation, on arrive à résoudre les stries sinueuses du *Surirella gemma* avec des objectifs moins puissants.

Avec des objectifs de premier ordre, on peut, à ce qu'il paraît, si l'on est favorisé par des conditions d'éclairage difficiles à analyser, résoudre ces stries dans la lumière directe (Prazmowski).

Mais si l'on emploie les objectifs des grands constructeurs Powell et Lealand, Hartnack et Prazmowski, C. Zeiss, R. et J. Beck, Th. Ross, en éclairant la préparation avec la lumière, soit des nuages blancs, soit d'une bonne lampe, concentrée avec un des condensateurs achromatiques dont nous avons parlé (voir pages 112 et suivantes), condensateur muni d'un système optique à court foyer et à très-grand angle d'ouverture (160° ou 170°), on peut observer les stries sinueuses du *Surirella gemma* dans la lumière centrale, grâce au très-large cône lumineux qui éclaire l'objet et à l'angle d'ouverture, très-considérable aussi, des objectifs. Avec le système à immersion de 1/10 de pouce de R. et J. Beck (160° d'ouverture), ces stries peuvent être résolues parties par parties sans qu'il soit besoin d'employer les diaphragmes à trous latéraux ou annulaires qui accompagnent le condensateur et dont l'effet est, d'ailleurs, de rendre oblique le pinceau de lumière éclairant l'objet. La seule condition indispensable consiste à bien centrer le condensateur, à en ajuster exactement le foyer, et à corriger parfaitement l'objectif. Il en est de même, à plus forte raison, des magnifiques objectifs 1/16 de pouce de Powell et Lealand (175°), n° 13 de Hartnack et Prazmowski (1/25 de p., 180°) et n° 3, imm., de C. Zeiss (1/25 de p., 180°). Ces derniers résolvent aussi admirablement le *Surirella gemma* dans la lumière oblique, ainsi que le n° 8 de Nachet et tous les objectifs de Hartnack et Prazmowski à partir du n° 8 à immersion (1/9 de p., 4 lentilles).

Enfin, il faut ajouter qu'avec d'excellents instruments et en manœuvrant très-bien l'éclairage, ce qui est la partie la plus difficile de l'opération, on n'arrive pas toujours à voir nettement les stries sinueuses. Cela tient alors à la préparation qui est défectueuse. Les très-bonnes préparations de ce remarquable test sont loin d'être communes. Il faut en outre qu'elles soient couvertes d'un d'un verre très-mince de 1/12, 1/10, ou 1/8 de millimètre, à

cause des objectifs très-puissants qu'il faut souvent employer et dont la distance frontale est très-courte. M. J. Bourgogne père fait des préparations couvertes avec des verres de 1/12 à 1/20 de millimètre, utiles pour l'emploi des très-forts objectifs de Powell et Lealand. Mais nous avons remarqué (est-ce un hasard?) que c'est parmi les préparations sous verre de 1/12 qu'on en trouve le plus grand nombre *donnant* les stries (1).

On est d'ailleurs averti, lorsqu'on opère sur une préparation, que l'on approche du moment où les stries *vont* être visibles, par une sensation très-remarquable. On voit passer rapidement, sur la Diatomée, comme un nuage fugitif finement strié, et quand on cherche à fixer l'attention sur une partie déterminée, la sensation a disparu. C'est qu'en effet, on a vu les stries pendant un instant très-court, plus court que le dixième de seconde nécessaire à une impression durable sur la rétine. A ce moment, il suffit ordinairement d'un mouvement excessivement petit de l'objectif ou de la correction, pour faire apparaître les stries dans une partie ou une autre du frustule, ou, plus souvent encore, d'une très-faible modification dans la position du miroir.

Le *Surirella gemma* se trouve dans les marais salins d'Europe, et notamment en Angleterre.

Ce genre renferme encore d'autres espèces très-jolies qu'on a, le plus souvent, l'heureuse chance de trouver, par hasard, dans les préparations de *Surirella gemma* pour test ou dans le fameux *mélange* de *Pleurosigma* et de *Surirella* que livre M. J. Bourgogne père. De ce nombre est surtout le *Surirella constricta* dont le frustule ovale est resserré, au milieu, en forme de violon, et porte de chaque côté une série de fortes stries transversales qu'on observe avec tous les objectifs.

Le *Surirella fastuosa* est dans le même cas. Son frustule qui

(1) Les préparations de Diatomées comme test ne sont nulle part aussi bien faites que par M. J. Bourgogne père (2, rue Pascal, à Paris), qui s'occupe avec un soin tout particulier de ces travaux excessivement délicats. M. Eugène Bourgogne (34, rue du Cardinal-Lemoine) livre aussi depuis quelque temps de bonnes préparations de Diatomées, entre autres de petites collections de dix espèces formant une série de tests gradués, par exemple : *Pinnularia nobilis*, *Navicula angulosa*, *N. humerosa*, *N. Jennerii*, *Pleurosigma scalprum*, *Pl. Balticum*, *Pl. angulatum*, *Eupodiscus Roperii*, *Surirella gemma*, *Nitzschia sigmoidea*.

peut mesurer $0^{mm},1100$ de long sur $0^{mm},0780$ est ovale, denté ou plutôt lobé sur ses bords qui sont striés. Au centre, on remarque un espace nu, elliptique, à contour finement strié, et duquel partent en rayonnant des lignes plus ou moins sinueuses qui vont aboutir aux lobes marginaux (fig. 186).

Le *Surirella striatula* est plus grand. Son grand diamètre mesure $0^{mm},1930$ et le petit $0^{mm},1100$. Une ligne médiane coupe le frustule suivant le grand diamètre comme dans le *Surirella gemma*.

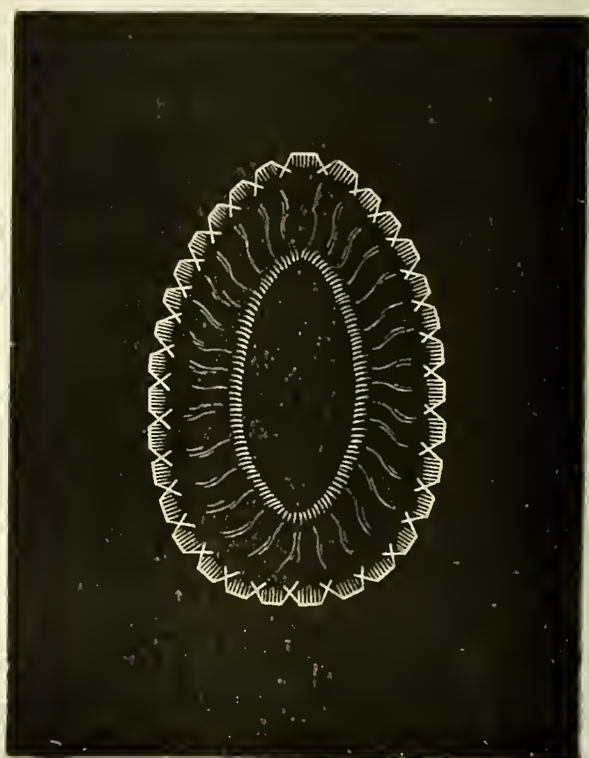


Fig. 186. — *Surirella fastuosa.*



Fig 187. — *Nitzschia sigmoida.* Long. $0^{mm},1525$.

Comme dans cette dernière Diatomée encore, des lignes transversales partent de la ligne médiane pour se terminer au bord du frustule qui est denté. Mais, entre ces lignes, on peut, avec un objectif puissant (5 Nachet, 7 Hartnack, au moins), et dans la lumière oblique un peu adoucie, reconnaître l'existence d'autres transversales parallèles, très-serrées et très-pâles, ordinairement plus pâles que les lignes semblables du *S. gemma*. Existe-t-il aussi dans cette jolie Diatomée des lignes sinueuses longitudinales, nous sommes tenté de le croire, mais nous ne les avons pas résolues nettement.

Le *Nitzschia sigmoidea* est encore une Surirellée employée comme test ; elle est moins difficile à résoudre et se présente sous la forme d'un frustule long et mince, très-légèrement contourné en S, d'une longueur de 15 à 16 centièmes de millimètre (fig. 187). Son étude présente beaucoup moins d'intérêt que celle du *Surirella gemma*. Un objectif quelconque y montre, sur l'un ou l'autre des côtés, une série de stries courtes et profondes comme des dentlures, mais avec un système optique plus puissant, et surtout en employant la lumière oblique, on s'aperçoit que le frustule tout entier est rayé transversalement de lignes parallèles, rapprochées et assez pâles. L'objectif n° 5, Nachet, ou son correspondant dans les séries des autres bons constructeurs, suffit pour rendre évidente cette disposition. Mais avec les objectifs supérieurs à immersion 1/16, Pow. et Leal ; n° 13, Hart. et Prasm ; n° 3, Zeiss, qui sont les meilleurs objectifs à nous connus pour la résolution des tests difficiles (1), on constate que ces stries transversales sont formées par des rangées de perles (fig. 188, en haut, à droite) très-serrées. Les perles d'une rangée alternent avec celles des rangées voisines, et de cette disposition il résulte que, sous certaines incidences obliques de la lumière, les perles paraissent former non plus des stries transversales, mais des lignes longitudinales en zigzag, ainsi que nous l'avons indiqué dans la partie droite de la figure 188 *b*.

L'*Amphipleura pellucida* est, peut-être, au premier abord l'une des Diatomées les moins remarquables, cependant elle a été l'objet de longues discussions entre les micrographes diatomophiles, et ce n'est que dans ces derniers temps que la question a été définitivement tranchée.

Lorsqu'on examine l'*Amphipleura*, même sous un fort grossissement, dans la lumière oblique comme dans la lumière centrale, le frustule apparaît comme un petit corps long et mince, naviculé, droit, mesurant de 9 à 10 centièmes de millimètre de longueur. On n'y remarque qu'une ligne médiane, longitudinale, bifurquée à ses deux extrémités (fig. 189).

(1) Nous ne connaissons pas les forts objectifs du constructeur américain Tolles, mais, d'après ce que nous savons des objectifs de moyen pouvoir (1/5 de p.), ils ne paraissent pas supérieurs à ceux que nous citons plus haut.

Mais l'objectif 1/5 de pouce du célèbre constructeur américain Tolles révéla, il y a quelques années, la présence sur les bords du

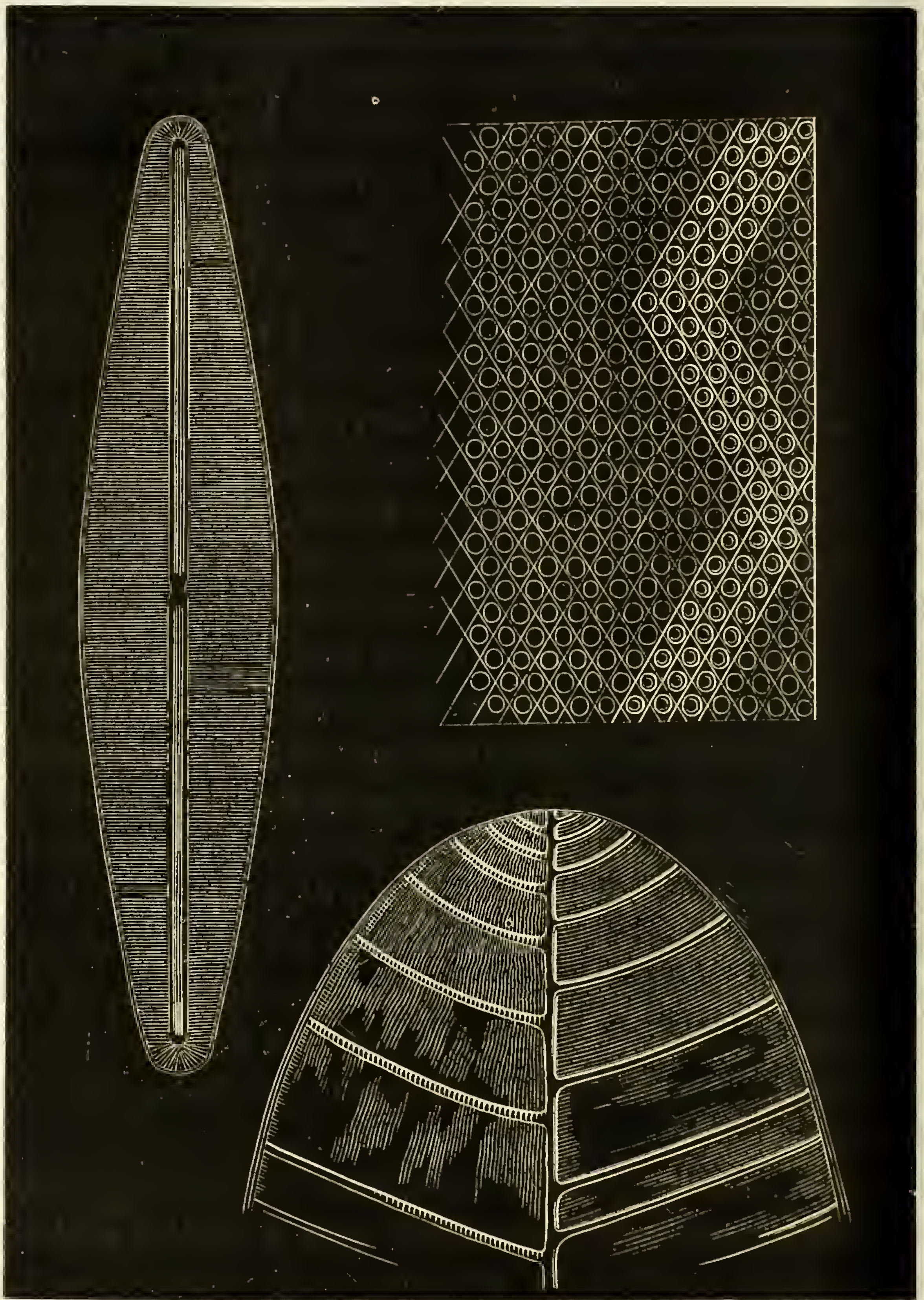


Fig. 188. — *a. Surirella gemma*, extrémité d'un frustule (en bas); *b. Nitzschia sigmoidea*, portion moyenne, (en haut à droite); *c. Frustulia saxonica* (à gauche).

Tests résolus avec les objectifs 1/16 de p. Powell et Lealand, n° 13 Hartnack et Prazmowski, n° 3. Zeiss (et le condensateur Abbé pour le Frustulia).

frustule de lignes transversales excessivement fines, lignes dont l'existence fut d'abord niée, en Europe, par les micrographes les

plus habiles et particulièrement par Hartnack. Cependant le docteur Woodward, de Philadelphie, établit, en 1871, que ces stries existent bien réellement ainsi que cela avait été annoncé et que M. Adan, d'Anvers, avait *cru* le reconnaître avec un objectif de Tolles. C'est encore cet objectif 1/5 de pouce, de Tolles, qui servit au docteur Woodward, mais aidé de l'artifice d'éclairage dont nous avons déjà parlé, la lumière solaire *monochromatisée* par une dissolution de sulfate de cuivre ammoniacal. La dissolution, dont le degré de concentration et de coloration, ainsi que l'épaisseur, sont obtenus par tâtonnements, doit être placée dans une cuvette à faces parallèles assez rapprochées. M. Van Heurck qui, à ce que nous croyons, a le premier répété, en Europe, les expériences du docteur Woodward et a vérifié l'existence des stries de l'Amphipleura, reçoit les rayons solaires sur un miroir plan, les dirige, à travers la dissolution, sur le réflecteur du microscope disposé de manière à donner la lumière oblique. Il faut modifier l'inclinaison du miroir à mesure que la rotation de la terre déplace le soleil.

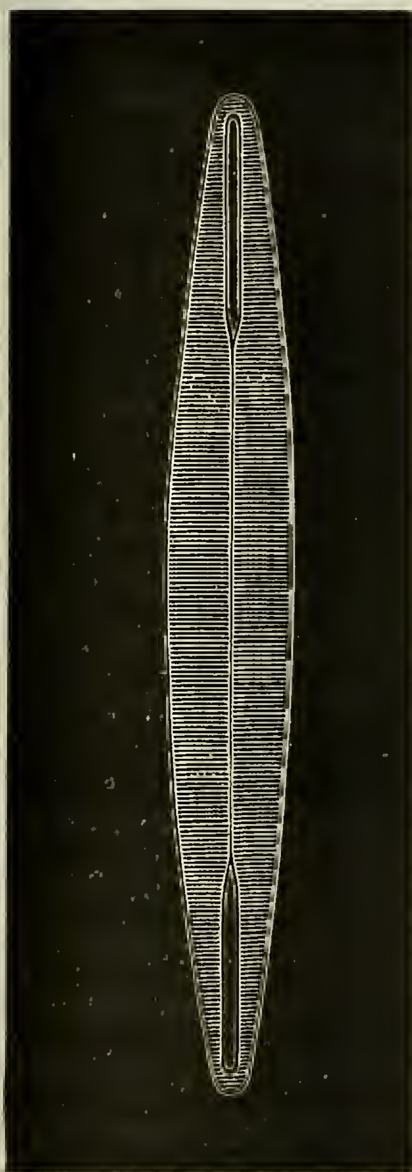


Fig. 189. — *Amphipleura pellucida* résolu dans la lumière oblique avec les objectifs 1/16 de p. Pow. et Lealand, N° 13 Hartn. et Prazm. N° 3 Zeiss, et le condensateur Abbé; longueur du frustule : 0mm,0985.

Grâce à cet artifice, les stries de l'Amphipleura ont été parfaitement reconnues, non-seulement avec les objectifs de Tolles, mais avec tous les bons objectifs suffisamment puissants (1/6 à 1/8 de p.).

L'*Amphipleura pellucida* n'offre, jusqu'à présent, pas d'autres particularités. C'est une Diatomée d'eau douce. et son extrême difficulté de résolution lui enlève en grande partie l'utilité pratique qu'il pourrait avoir comme test.

Il paraît d'ailleurs que les fameuses stries ont été vues sans

l'intervention du sulfate de cuivre, en éclairant le microscope non pas avec des nuages blancs, mais avec *un seul* petit nuage d'un blanc d'argent très-brillant (Prazmowski).

Le groupe des **Coscinodiscées** présente les types les plus élégants de la famille des Diatomées et se distingue immédiatement par la forme circulaire des frustules. Ceux-ci sont composés de deux valves en forme de disque réunies sur les bords par une bande connective ; les disques sont couverts des plus fines sculptures sur la disposition desquelles il s'est élevé bien des discussions entre les diatomophiles. La plupart de ces espèces se trouvent à l'état fossile dans les guanos ou dans les dépôts anciens des Bermudes, de Richmond (Virginie), d'Oran, dans les fonds des mers tropicales ; à l'état vivant, on les rencontre sur les Algues et les plantes marines des régions équatoriales.

Les *Coscinodiscus* ont les valves très-légèrement ondulées dans le sens du rayon, comme une cocarde, et couvertes d'un réseau à mailles hexagonales présentant, dans le *C. oculus Iridis*, l'aspect d'un rayon d'abeilles. Au fond de chaque aréole, on aperçoit un dessin réticulé, excessivement délicat, qu'on a comparé à un œil. Le diamètre de ces aréoles n'est pas absolument constant et, dans certains spécimens, les hexagones sont plus petits au centre du frustule et vont en grandissant vers les bords que limite une zone, comme la jante d'une roue, striée de petites lignes dans le sens des rayons. D'autres fois, quelques aréoles du centre sont plus grandes et les autres ont un diamètre uniforme. Comment sont constituées ces aréoles ? Cette question a été résolue de façons différentes par les micrographes, et certains (J.-W. Stephenson) croient (1) pouvoir conclure que les hexagones des *Coscinodiscus* sont percés de petits trous semblables à ceux dont est criblé le test des Polycystines ; s'il en était ainsi, toutes les espèces de ce groupe présenteraient sans doute des dispositions analogues, ce qui changerait complétement les bases de la classification, mais jusqu'à présent ces vues ne nous paraissent pas, ainsi qu'à la plupart des micrographes, suffisamment établies. Nous pensons que la valve est formée de deux

(1) *Monthly Microscopical Journal* (juil. 1873).

couches dont la première, supérieure, beaucoup plus épaisse que la seconde, présente la disposition réticulée en hexagones que nous connaissons, et la seconde, plus mince, réticulée aussi, porte, au

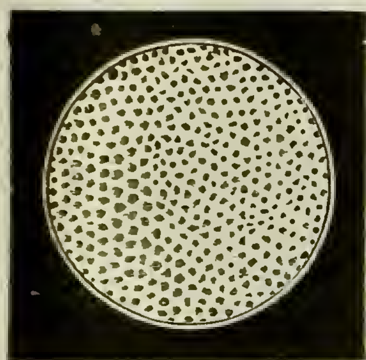


Fig. 190. — *Coscinodiscus oculus Iridis*. Aspect sous un faible grossissement.

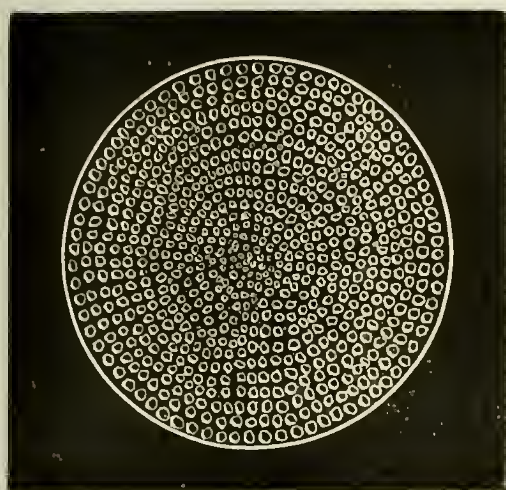


Fig. 191. — *Coscinodiscus oculus Iridis*. Sous un plus fort grossissement.

milieu de chaque aréole, un point central entouré d'un cercle d'autres points plus ou moins difficiles à apercevoir. Les aréoles du réseau supérieur sont bien des épaississements, car en les éclairant par la lumière oblique on voit leur ombre projetée. Chacun des angles des hexagones porte un petit tubercule arrondi (fig. 192).



Fig. 192. — Schéma d'un hexagone de *Coscinodiscus*.

Le diamètre des *Coscinodiscus* est assez considérable. Celui dont nous donnons le dessin (fig. 191) mesure 0^{mm},1025.

Les *Eupodiscus* et *Actinocyclus* sont plus élégants encore. Les valves sont couvertes de très-petites aréoles ponctiformes disposées en lignes rayonnantes. Ces lignes vont successivement en divergeant, aussi l'intervalle angulaire qu'elles laissent entre elles dans la zone périphérique est-il rempli par d'autres lignes absolument semblables, partant de la circonférence pour se diriger vers le centre qu'elles n'atteignent pas. D'ailleurs la disposition de ces lignes n'est jamais absolument identique, même sur deux frustules appartenant bien évidemment à la même espèce. Aussi, est-il excessivement probable que le grand

nombre de ces espèces, créées par Ehrenberg, doit être considérablement réduit.

La plupart des *Eupodiscus* se présentent, d'ailleurs, sous l'aspect général d'un disque criblé de petits points disposés en lignes rayonnantes, interrompues comme les rayons d'une *gloire*, et dans lesquels la lumière produit des jeux chromatiques, des nuances irisées, pourpres et bleues, quand on examine le frustule sous un faible grossissement. Un gros point, ou tubercule isolé et asymétrique, est placé non loin de la circonférence. Dans les *Actinocyclus* on remarque un rang de petites éminences coniques plantées radialement sur le tracé d'une circonférence très-voisine du bord et qui dessine ce que nous avons appelé la jante.

L'élégant *Eupodiscus Ralfsii* que nous représentons ci-contre mesure $0^{mm},1125$ de diamètre, et provient du guano d'Ichaboë.

Les *Asterolampra* ressemblent aux *Eupodiscus*, mais toute la partie centrale est dénuée de ponctuations, divisée seulement par des lignes continues, rayonnantes, ordinairement au nombre de 7. La zone périphérique présente des ponctuations en lignes formant une large bordure festonnée, ou plutôt lobée, dont les 7 lobes sont arrondis en demi-cercle, tournant leur convexité vers le centre, et au milieu de chacun desquels aboutit une des lignes continues de la région centrale.

Dans les *Asteromphalus* on remarque une disposition semblable. Les lobes de la bordure ponctuée sont ordinairement au nombre de 10, mais les lignes continues n'aboutissent pas au centre du frustule. Elles se terminent sur une sorte d'ombilic ovalaire qui envoie deux lignes parallèles jusqu'à la circonférence. Le frustule paraît ainsi divisé par un axe diamétral de chaque côté duquel les dispositions sont symétriques.

Les *Actinoptychus* se distinguent des types précédents en ce que le cercle formé par chaque valve est divisé, comme un gâteau, du centre à la circonférence, en 6 segments angulaires; au centre est un hexagone lisse et, à la circonférence, une bordure, ou jante, finement historiée et qu'entament par une petite pointe chacun des 6 secteurs du cercle (fig. 194).

Lorsqu'on examine cette jolie Diatomée sous un faible grossisse-

ment, et particulièrement avec le binoculaire sur un fond noir, tel par exemple qu'on l'obtient avec le paraboloïde de Wenham, trois sec-

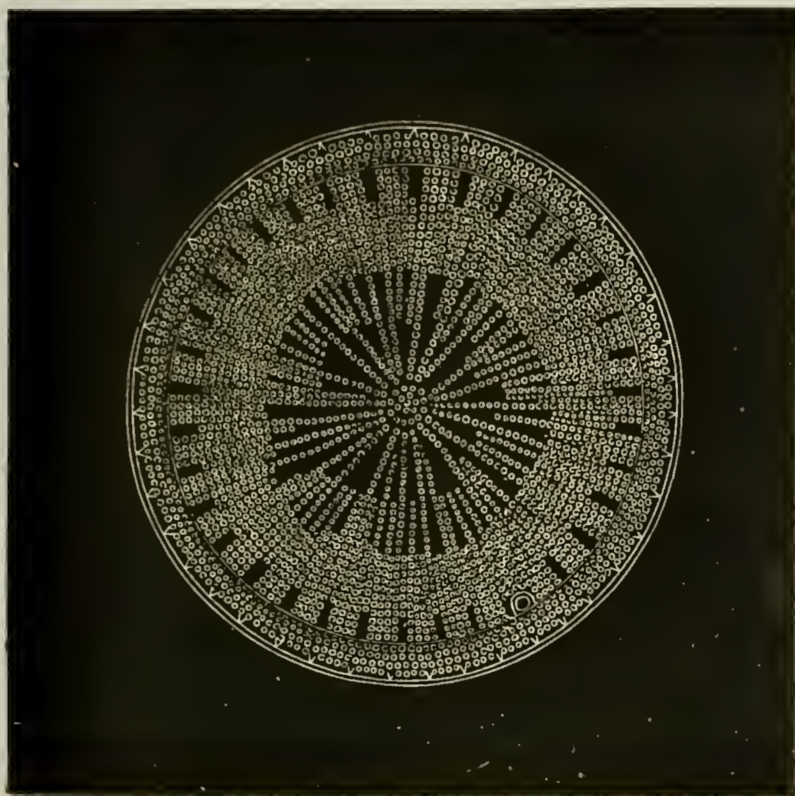


Fig. 193. — *Eupodiscus Ralfsii* (obj. 5 Nachet).

teurs alternes du frustule paraissent colorés par la lumière en une nuance d'un bleu irisé, tandis que les trois autres sont rouges ou violets. Mais si l'on emploie un grossissement plus considérable et l'éclairage par transparence, on reconnaît que trois des secteurs alternes viennent en même temps au foyer, tandis que les trois autres restent troubles. Si l'on ajuste, au contraire, l'objectif de manière à voir ceux-ci nettement, les trois autres deviennent troubles à leur tour. C'est, en effet, que le frustule est ondulé de sorte que les deux systèmes de secteurs alternes ne sont pas sur le même plan. Les sculptures qu'ils portent sont, d'ailleurs, semblables et se composent d'un réseau formé de mailles plus ou moins



Fig. 194. — *Actinoptychus undulatus*.

régulièrement hexagonales, dans lesquelles on constate un dessin qui rappelle celui des aréoles des Coscinodiscus.

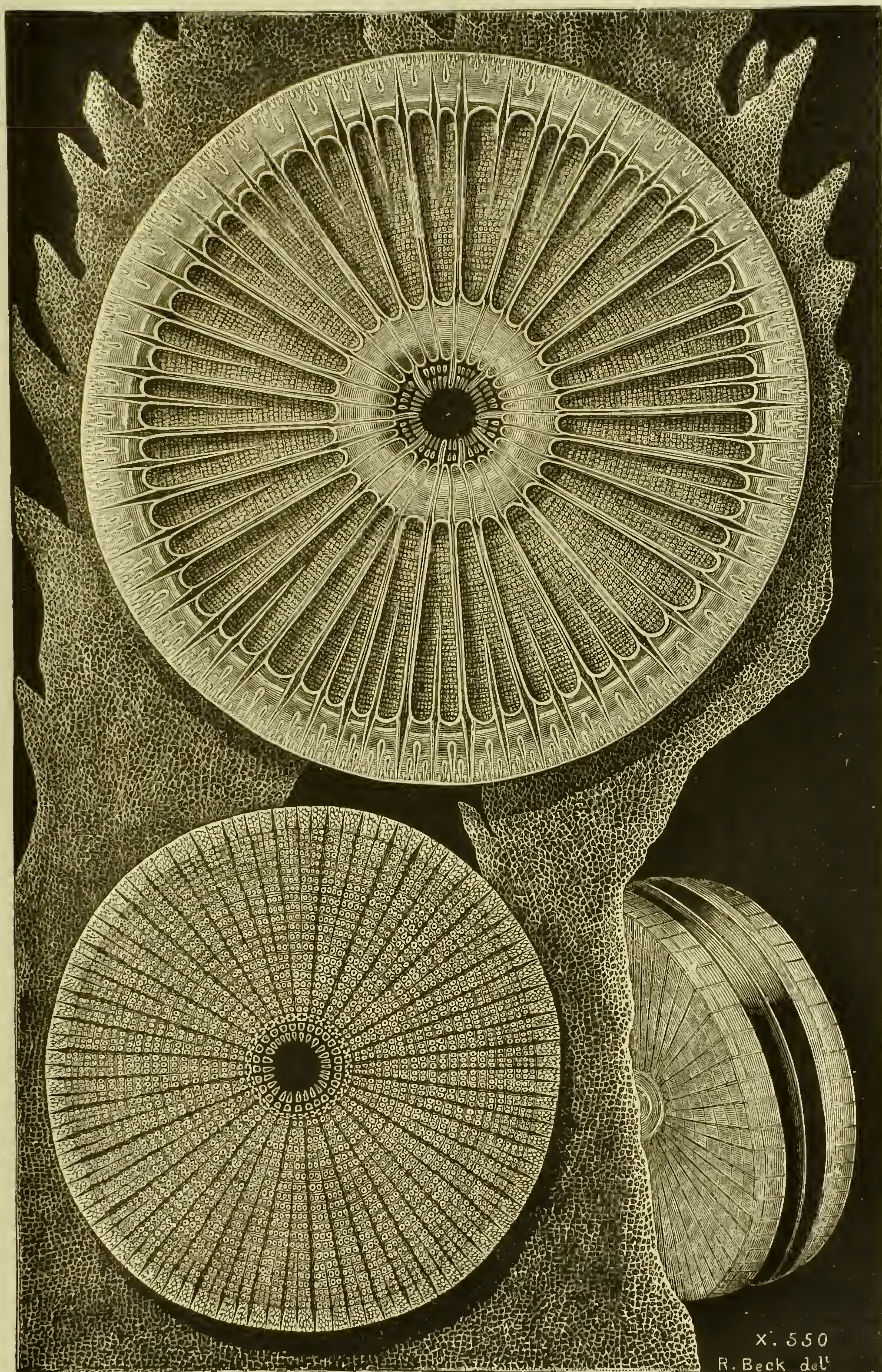
Le nombre des divisions du frustule n'est pas toujours le même, et l'on peut trouver des exemplaires qui en comptent jusqu'à 10 au lieu de 6. On a fondé sur ces caractères des distinctions spécifiques, mais il ne paraît pas que ces distinctions soient bien fondées.

Ces Diatomées se trouvent en abondance dans les dépôts fossiles d'Oran.

Les *Arachnoidiscus* que l'on trouve aussi dans le guano à l'état fossile, et à l'état vivant, sur les plantes marines, en particulier sur une Algue qui forme souvent la majeure partie de ce qu'on appelle les nids d'hirondelles Salanganes, au Japon, ont fourni longtemps les plus beaux types connus de la famille des Diatomées ; l'*Heliopelta* n'était pas alors connu. Leurs valves sont assez planes pour que toutes les parties en puissent venir en même temps au foyer. Sous un faible grossissement, particulièrement sur champ noir éclairé avec le paraboloïde de Wenham, ou avec un miroir de Lieberkühn, l'*Arachnoidiscus japonicus* apparaît comme un disque irisé, finement marqué de points rangés sur des lignes rayonnantes. Avec un grossissement plus considérable, on reconnaît une disposition analogue à celle des *Actinocyclus*, mais les lignes rayonnantes de points sont continues et séparées à des distances égales par des lignes continues lisses. Le centre est lisse et entouré d'un cercle de points allongés, comme des perles, circonscrit lui-même par un second cercle de perles à peu près carrées. La bordure est formée par des rangs de points plus petits et plus serrés.

Telle est la face externe du frustule, mais sa face interne est plus élégante encore. Elle est formée d'une charpente rayonnante que M. R. Beck compare très-bien à une rosace de cathédrale. Au-dessous de cette charpente d'apparence gothique, on aperçoit les fines ponctuations de la face externe. Le centre est lisse, entouré de deux cercles concentriques de perles allongées, et la bordure composée de groupes de perles en forme de larmes.

La taille des différents exemplaires est très-variable, comme celle de toutes les espèces précédentes, mais les beaux échantillons n'ont guère plus de $0^{mm},1700$ à $0^{mm},1725$.



Arachnoïdiscus Japonicus.

La belle gravure que nous donnons (Planche IV) représente un *Arachnoidiscus japonicus* trouvé vivant sur un Fucus de l'île Maurice, donné à M. Deane par le professeur Harvey, de Dublin, et dessiné par M. R. Beck à l'obligeance de qui nous devons ce dessin. Il est fait avec un objectif de 1/4 de pouce (75° d'ouverture) de la maison R. et J. Beck, muni d'un miroir de Lieberkühn. Le frustule placé à la partie inférieure gauche de la gravure représente la face externe d'une valve, et le frustule dont on ne voit qu'une partie, derrière la fronde du Fucus, est complet et vivant. On en voit la bande connective qui porte la trace d'un commencement de division. La grande valve supérieure est vue par sa face interne. Le grossissement est de 550 diamètres.

Avec l'*Heliopelta* nous revenons aux surfaces onduleuses qu'on ne peut voir dans leur ensemble que sous un faible grossissement. L'examen de ses frustules avec le miroir de Lieberkühn ou, surtout, sur champ noir, avec le paraboloïde ou l'éclairage noir de Nachet, sous les objectifs 1 ou 2 de Nachet, 3 de Hartnack, 2/3 de pouce de Beck ou de Ross, révèle dans ce corpuscule d'admirables détails de sculpture qui font de l'*Heliopelta* la plus jolie des Diatomées, avec l'*Arachnoidiscus.*

Sous un grossissement suffisant, on reconnaît que la valve est divisée en 12 secteurs rayonnants autour d'une étoile à 6 pointes, lisse, qui forme le centre. Les 12 rayons qui séparent les secteurs se terminent contre la bordure par une petite surface élargie, triangulaire et lisse. Six des secteurs alternes viennent en même temps au foyer, comme les branches d'une croix d'honneur. Ils sont marqués d'un réseau composé de mailles à peu près hexagonales dans lesquelles on reconnaît une réticulation ou une ponctuation plus fine encore. A ce moment, les six autres secteurs paraissent comme guillochés de courtes stries obliques et parallèles. Mais si l'on ajuste le foyer de manière à voir nettement ces derniers, ils apparaissent finement ponctués ou réticulés, et, sous la ponctuation, on aperçoit la réticulation hexagonale. On dirait que la disposition est inverse chez ceux-ci, qu'ils portent à la surface la fine ponctuation, tandis que la réticulation hexagonale est au plan profond, système contraire à ce qu'on observe sur les 6 autres secteurs, lesquels à ce

moment paraissent délicatement striés des petites lignes obliques (fig. 195).

La bordure est formée de deux bandes concentriques, l'une interne, très-étroite, paraît lisse, mais elle envoie dans la seconde,

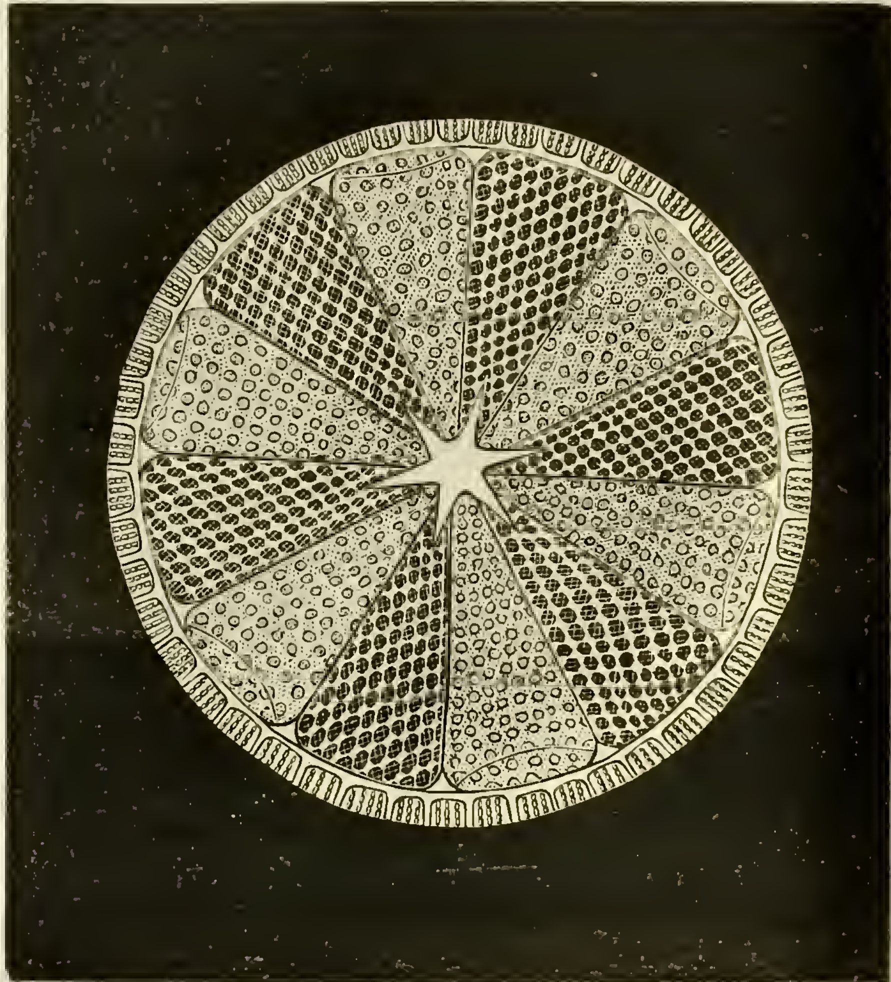


Fig. 195. — *Heliopelta Mitii.*

externe, plus large et guillochée, des prolongements en forme d'épines dirigées dans le sens des rayons et entre lesquelles sont des séries, également rayonnantes, de très-petites ponctuations.

Le nombre des secteurs est quelquefois de 10 ou de 8; Carpenter signale même des exemplaires à 6 divisions seulement, et remarque avec beaucoup de raison qu'il est difficile de trouver deux spécimens absolument semblables.

L'*Heliopelta Mitii* se trouve dans le guano.

Les *Aulacodiscus* constituent un genre voisin, très-élégant aussi, composé de Diatomées dont les frustules sont marqués de lignes de points rayonnants, comme ceux des *Arachnoidiscus*, mais séparées, dans un assez grand nombre de secteurs, par des lignes

continues, comme dans les *Actinoptychus*. Les lignes aboutissent aussi dans la bordure par un tubercule arrondi.

La taille de ces Diatomées est à peu près celle des espèces précédentes. On les trouve aussi dans le guano.

Nous avons peu de choses à dire des **Mélosirées** dans lesquelles nous signalerons seulement les *Melosira*, Diatomées filamenteuses à frustules ponctués, cylindriques ou globuleux, dont nous avons déjà signalé les irrégularités de diamètre dans le même filament, inégalités dues à une conjugaison opérée entre deux cellules voisines ou entre les deux moitiés d'une cellule en voie de division, avec formation d'auxospore. Les *Melosira varians*, *subflexilis*, *ochroleuca*, etc., se trouvent dans les marais. La dernière espèce doit sa coloration jaune à la présence d'une notable quantité de fer. On rencontre aussi des espèces de ce genre, avec des *Gallionella*, genre voisin, dans les terres fossiles et les guanos.

Les **Biddulphiées** présentent, en revanche, des types fort remarquables. Les valves en sont ordinairement, non plus plates et discoïdales, mais gonflées en conques profondes, formant comme deux poches ou deux paniers abouchés et réunis par une bande connective qui devient excessivement large au moment de la division, ainsi que nous l'avons dit plus haut (fig. 175).

Les *Biddulphia* se présentent, de face, sous une forme quadrilatère plus ou moins allongée, munie de renflements à la partie dorsale des deux valves, et, aux angles, de protubérances arrondies par lesquelles les cellules restent unies en formant des filaments en zigzag. La surface des frustules est réticulée d'une manière élégante. Vu de profil, le frustule donne une projection généralement elliptique, un peu pointue, avec des renflements plus ou moins saillants, suivant les espèces et le développement de la cellule, de chaque côté de chacun des sommets de l'ellipse (*Biddulphia pulchella*, V. fig. 175). Les Biddulphia sont marins et se trouvent sur les Algues.

Il en est de même des *Isthmia* qui, de face, ont la forme trapézoïde, et, sauf cette particularité, ressemblent beaucoup aux *Biddulphia*. Les frustules sont d'ailleurs ponctués et marqués de nervures plus ou moins saillantes (*Isthmia nervosa*, *I. anervis*, etc.). Ils se

groupent aussi par filaments en zigzags sur les plantes marines où ils prennent, sous la loupe, l'aspect d'une cristallisation.

Les *Triceratium* ont une forme très-singulière, celle d'un prisme triangulaire très-bas, chaque valve formant un triangle équilatéral parfaitement régulier, de sorte que, vu de face, le frustule, composé de ses deux valves séparées par la bande connective plus ou moins large, a l'aspect d'une petite boîte. Cette apparence est un peu différente quand un des angles du prisme est en vue, ce qu'il est facile de distinguer. Le profil, triangulaire, est réticulé de mailles hexagonales dans lesquelles on voit de fines ponctuations (fig. 196). Cette réticulation paraît être formée comme celle du *Coscinodoscus* par des dépressions au fond desquelles sont les fines ponctuations. Car lorsqu'on brise une de ces valves, c'est toujours par les espaces hexagonaux que passe la fracture, ce qui indique un minimum d'épaisseur en ces points. La valve est donc constituée comme un gâteau d'abeilles. D'autre part, si l'on éclaire le frustule avec la lumière oblique, on constate, par la direction des ombres portées, que les hexagones ont bien la forme d'alvéoles. Enfin, le docteur Woodward a réussi à photographier le fond de ces alvéoles, guilloché de petites perles en saillie, dans le *Triceratium fimbriatum* (1).

Il faut remarquer que cette apparence peut varier d'une manière notable sur les différents spécimens, et surtout suivant que l'on examine la valve par sa face interne ou par sa face externe.

Les *Triceratium* n'ont pas les surfaces planes, mais sensiblement bombées au milieu. Aux angles, on remarque des prolongements semblables à ceux du *Biddulphia*, par lesquels les cellules s'attachent les unes aux autres. Cependant, les Triceratium sont ordinairement libres ; on les trouve en abondance dans les dépôts de limon à l'embouchure des rivières (Tamise). Le *Tr. favus* mesure ordinairement $0^{mm},1850$ de côté.

Il est très-curieux que certains spécimens manifestent une tendance marquée à prendre une forme quadrangulaire et même pen-

(1) Avec un peu d'habileté dans la mise au point, on peut assez facilement vérifier l'existence des deux étages de sculptures sur les valves du Triceratium, et même avec les microscopes anglais de Beck, Ross, Swift, etc., on peut apprécier la hauteur de l'un de ces étages au-dessus de l'autre, grâce à la vis micrométrique à tête divisée qui sert à la mise au point (V. page 88).

tagonale. De sorte qu'il est souvent difficile de distinguer un *Triceratium* à quatre angles d'un *Amphitetras*, le caractère distinctif de ce dernier genre étant précisément sa forme carrée. Cependant, les *Amphitetras* se trouvent plus souvent que les *Triceratium* groupés en zigzags par les angles. Le dessin des valves est d'ailleurs le

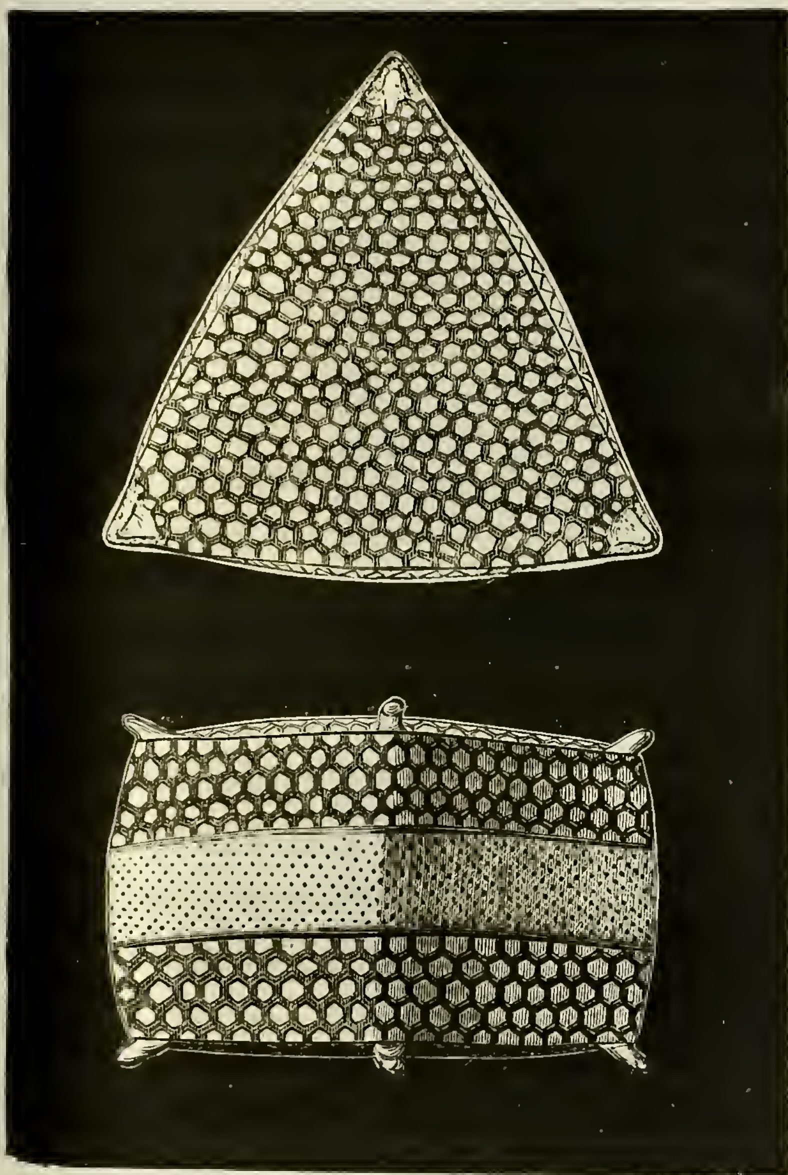


Fig. 196. — *Triceratium favus*, de face (en bas), de profil (en haut).

même que celui du Triceraterium, bien que les alvéoles soient beaucoup plus petits, et souvent même plus petits que ceux du *Coscinodiscus*. L'*Amphitetras antediluviana* a $0^{mm},1150$ de côté, en moyenne.

Parmi les **Achnantées**, nous citerons l'*Achnantes longipes*, ainsi nommé du long filament qui le retient par une de ses extrémités. Il se présente sous la forme d'un frustule ovalaire, quelquefois un peu étranglé au milieu, ce qui lui donne une certaine ressemblance avec une semelle. Il est divisé en deux moitiés par une ligne mé-

diane longitudinale de chaque côté de laquelle la valve est marquée be stries légèrement circulaires à concavité tournée vers l'extrémité du frustule la plus voisine. Avec l'objectif 5 N., on constate que ces stries, au nombre d'une vingtaine, sont formées par des rangées de petits points saillants faciles à compter (de 3 à 8 suivant la position de la strie). L'exemplaire que nous représentons mesure $0^{mm},0406$ sur $0^{mm},0125$. Un autre exemplaire trouvé dans la même préparation atteint $0^{mm},0609$ de longueur (préparation de M. J. Bourgogne père) (fig. 197).

D'autres espèces présentent une ligne médiane transversale de même aspect que la ligne longitudinale. La disposition des stries et des points est la même, ainsi que les dimensions. Les Achnantes vivent dans les eaux salées. Les *Cocconeis*, qui se trouvent dans les eaux douces et forment un genre voisin, ont un frustule moins allongé. Le *Cocconeis scutellum* offre, sauf cette forme, la même disposition de stries, en granulations peu nombreuses, que les *Achnanthes*. Ses dimensions sont de $0^{mm},0217$ de longueur sur $0^{mm},0159$. Les points ne sont bien évidents qu'avec l'objectif 5 N.

Le *Cocconeis Grevillei*, qui est quelquefois presque tout à fait circulaire, présente un petit nombre de lignes légèrement courbes (8 dans l'exemplaire que nous dessinons) entre lesquelles apparaissent, avec l'objectif 7 N, les rangées de points saillants. Les premiers points de chacune de ces rangées forment, de chaque côté de la bande connective, un arc de cercle très-régulier, imitant un cercle méridien tracé sur une sphère, tandis que les lignes transversales forment les parallèles. Les bords paraissent finement striés. Dimensions : long. $0^{mm},0971$ — $0^{mm},0522$; largeur, $0^{mm},0494$ — $0^{mm},0253$ (Préparation de M. J. Bourgogne père) (fig. 198).

Parmi les **Gomphonémées** nous ne citerons que le *Gomphonema geminatum*, espèce très-commune dans les mares des environs de Paris, et remarquable par le long stipe souvent bifurqué qui porte ses frustules. Ceux-ci se réunissent ordinairement deux par deux, et comme ils sont plus étroits à la base qu'au sommet, les deux frustules géminés forment, vus de face, un groupe angulaire. C'est pendant l'acte de la division que le frustule produit la matière mucilagineuse assez dense qui forme le stipe. Quand la division est ac-

complie, la sécrétion s'arrête et, en même temps, la croissance du stipe. Quand elle recommence, le stipe reprend sa croissance, d'où résulte une sorte d'articulation, et chaque demi-frustule pousse un stipe à part, ce qui produit une ramification ou dichotomie (fig. 199).

Vu de face, le frustule a la forme d'un coin à pointe dirigée par en bas ; de profil, il ressemble à une tête de marteau ; renflé au milieu, il est aminci à la partie inférieure et arrondi par en haut. Séparé en deux moitiés symétriques par une ligne médiane, il porte un nodule au centre et un autre à chaque extrémité de cette ligne. Chaque valve est ensuite striée transversalement de lignes qui, sous un objectif un peu puissant (5 N., 7 ou 8. H), se résolvent en chapelets de petites perles arrondies.

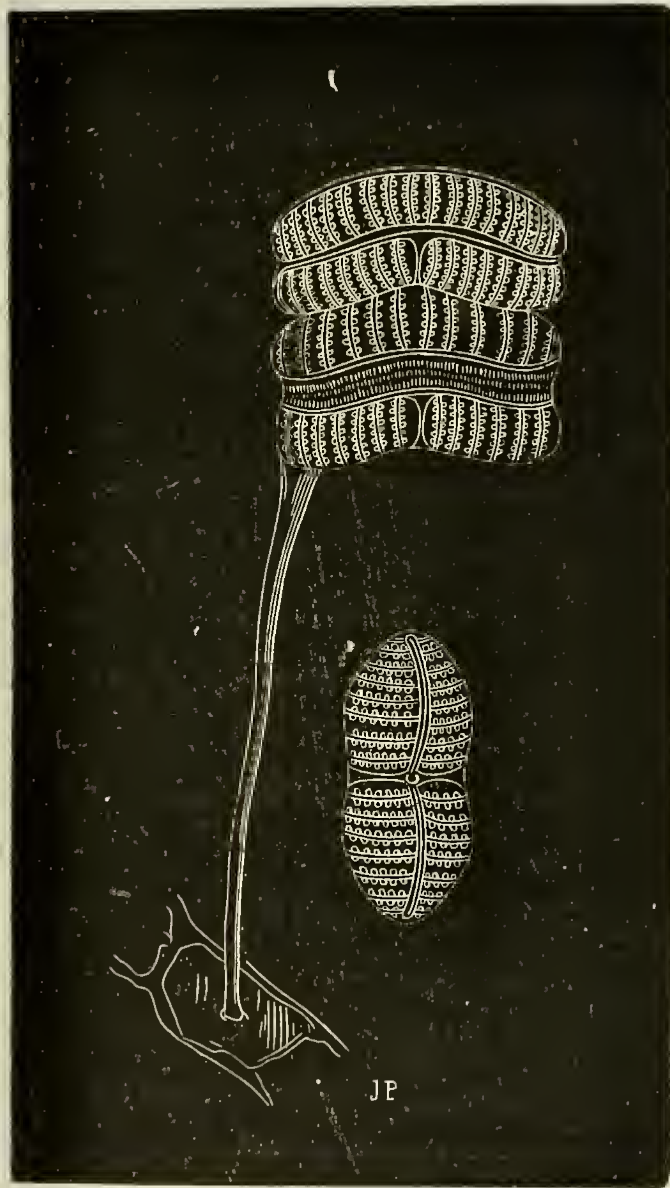


Fig. 197. — *Achnantes longipes*.

Les **Schizonémées** offrent aussi des espèces groupées sur un stipe très-ramifié qui leur donne l'aspect d'une Algue filamenteuse. Les frustules sont le plus souvent enveloppés d'une production mucilagineuse très-épaisse dans laquelle ils sont parfois groupés sans ordre. Tels sont les *Schizonema* (*Sch. Grevillei*), les *Mastogloia* (*M. lanceolata*). Ces derniers sont remarquables encore par la grande variété de formes sous lesquelles se présentent leurs frustules. Leur aspect rappelle, d'ailleurs, beaucoup celui des Gomphonémées : frustules ovalaires allongés, partagés par une ligne médiane, avec un nodule au centre et des stries transversales, quel-

quefois traversées par des nervures ou côtes, et résolubles en chapelets de perles arrondies.

Le groupe des **Naviculées** fournit un très-grand nombre d'espèces importantes dont plusieurs forment les tests-objets les plus employés.

Les *Navicula* ont la forme d'une petite barque plus ou moins allongée, suivant les espèces, séparée en deux moitiés par une ligne médiane, avec un nodule au centre et un point à chaque extrémité, point qui peut être un orifice par lequel l'eau s'introduit dans la cellule. De chaque côté de la ligne médiane, chaque valve est striée de lignes transversales un peu rayonnantes, autour du nodule, et ne se prolongeant pas toujours jusqu'à la ligne médiane. Tels sont les *Navicula angulosa*, *humerosa*, *rhomboides*, *subtilissima*, etc., qui ne diffèrent guère que par la largeur du frustule, la longueur des stries marginales et la finesse des perles qui les constituent. W. Smith avait même séparé des *Navicula* des espèces plus allongées, en bâtonnets un peu élargis aux extrémités, et dont les stries ne se résolvaient pas en chapelets de perles. Mais cette division, comprenant les *Pinnularia* (*P. nobilis*, *P. viridis*, etc.), quoiqu'on l'ait conservée, ne peut plus guère se fonder sur ce dernier caractère, car avec les objectifs puissants et à grands angles d'ouverture dont on dispose aujourd'hui, les stries de beaucoup de *Pinnularia* ont été résolues en lignes de points (Slack).

Les *Pleurosigma*, genre créé par W. Smith, sont des Navicules contournées en S, présentant d'ailleurs une ligne médiane, un nodule central et un point plus ou moins marqué à chaque extrémité. Mais les sculptures qui ornent leurs valves sont excessivement intéressantes à étudier, car nous savons que leur résolution sert à éprouver le pouvoir résolvant des objectifs.

Le plus important à examiner est le *Pl. angulatum* dont les dimensions varient beaucoup, mais qui présente ordinairement une longueur d'environ $0^{mm},2050$ sur $0^{mm},0510$.

Sous un grossissement même considérable, mais dans la lumière centrale, le frustule paraît absolument lisse, ordinairement coloré en jaunâtre ou en bleuâtre, mais dans la lumière oblique on reconnaît que les valves sont striées par un triple système de lignes, les

unes transversales, les autres obliques de droite à gauche, les autres enfin obliques de gauche à droite. Chacun de ces systèmes de lignes apparaît prédominant, suivant la direction des rayons lumineux qui frappent la préparation, celui qui se trouve le plus près de la perpendiculaire à cette direction étant toujours le plus apparent. (Obj. 3 et 4 Nachet, 5 Hartnack et Prazmowski, 1/5 de pouce Beck, Ross, Powell et Lealand, Swift; C C. Zeiss.)

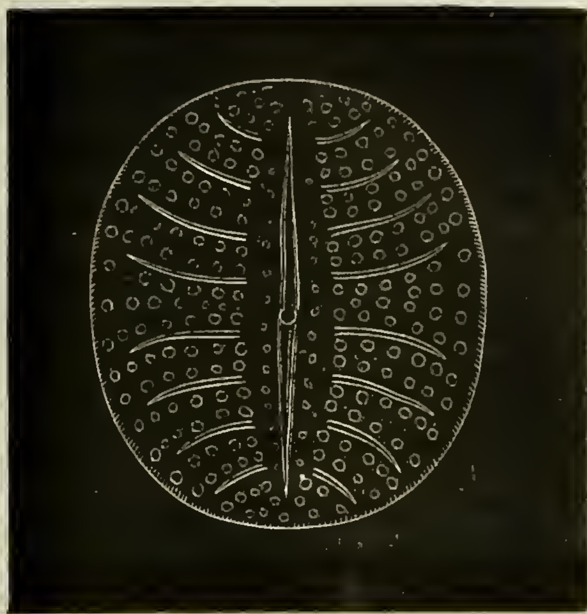


Fig. 198. — *Cocconeis Grevillei.*

Mais, en manœuvrant convenablement l'éclairage ou en employant des objectifs un peu plus forts, on voit à la fois les trois systèmes de lignes qui se coupent suivant des angles de 60°, d'où il résulte que les parties situées entre ces lignes, et coupées angulairement de tous côtés à 60°, prennent l'apparence d'hexagones.



Fig. 199. — *Gomphonema geminatum.*

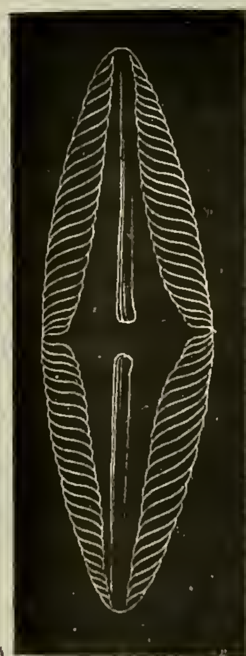


Fig. 200. — *Navicula angulosa.*

Avec les objectifs n° 5 de Nachet, 8 de Hartnack, 1/8 de pouce, de Beck, de Powell et Lealand, 1/7 de Ross, ou Swift, D D de Zeiss, on observe parfaitement ces hexagones.

Mais M. Alfred Nachet, en employant son objectif à immersion et correction n° 7 a constaté, ce qu'il est facile de vérifier, que ces hexagones sont des points ronds très-rapprochés et que les systèmes de lignes se coupant à 60° ne sont que les intervalles laissés entre ces points. L'apparence hexagonale n'est qu'une illusion d'optique produite par le rapprochement même des points ronds. Et, en effet, il a reproduit très-heureusement cette illusion d'une manière artificielle en faisant composer avec des points d'imprimerie le dessin représenté par la fig. 202. Si l'on montre cette surface ponctuée, et quelque considérable que soit le diamètre des points, à une personne non prévenue (surtout à une distance excédant un peu celle de la vision distincte), elle affirmera toujours voir des hexagones, quoiqu'il n'y ait que des points ronds. Il est d'ailleurs facile de faire sur soi-même cette expérience dont le résultat est immanquable (1).

La nature de ces points, saillies ou dépressions, a fait aussi pendant longtemps l'objet de discussions nombreuses entre les micrographes, mais aujourd'hui tous sont à peu près d'accord pour reconnaître que les points sont des saillies et que les lignes sont les intervalles en creux, laissés entre ces points. En effet, les frustules brisés se rompent toujours suivant ces lignes, qui offrent un minimum d'épaisseur de la valve, et non suivant les rangées de points. De plus le Dr Woodward a photographié le *Pl. angulatum* en le plaçant un peu plus loin que le foyer de l'objectif. Il en est résulté une image, brouillée pour le fond, mais reproduisant les sommets des ponctuations, lesquelles en raison de leur saillie se trouvaient au foyer. Dans certaines espèces voisines, le *Pl. formosum* dont les lignes se coupent à angle droit, la nature des points saillants est encore plus facile à démontrer.

(1) Les figures 202 et 203 représentent les différents aspects qu'offrent les points du Pleurosigma suivant le mode d'éclairage et la mise au point de l'objectif. Elles montrent, en même temps, que l'illusion d'optique qui crée des figures hexagonales là où il n'y en a pas, se produit aussi bien, que ce soit les points ronds eux-mêmes ou les intervalles qui paraissent éclairés. Mais il s'en produit, en outre, une seconde qui trompe sur la dimension des points, car ceux de la fig. 203 paraissent plus grands que ceux de la fig. 202, bien qu'ils soient exactement de même diamètre; mais comme ils sont éclairés, tandis que les intervalles sont noirs, leur action sur l'œil est dominante, en raison de la quantité de lumière qu'ils réfléchissent, et leurs dimensions paraissent plus grandes, tandis que celles des intervalles paraissent diminuées.

Nous ne reviendrons pas sur ce que nous avons dit du *Pl. angulatum* considéré comme test (V. page 59), nous nous bornerons à rappeler que tout bon objectif ayant une longueur focale de 1/6 de pouce doit montrer, au moins partiellement, les stries dans la lumière *centrale*, et dans la lumière oblique s'il a seulement 1/4 de pouce de longueur focale. C'est ce qu'on peut vérifier sur les objectifs n°s 3 et 5 de Nachet, 5 et 7 de Hartnack et Prazmowski et sur les systèmes correspondants de Beck, Ross, Powell et Lealand, Swift, Zeiss, etc.

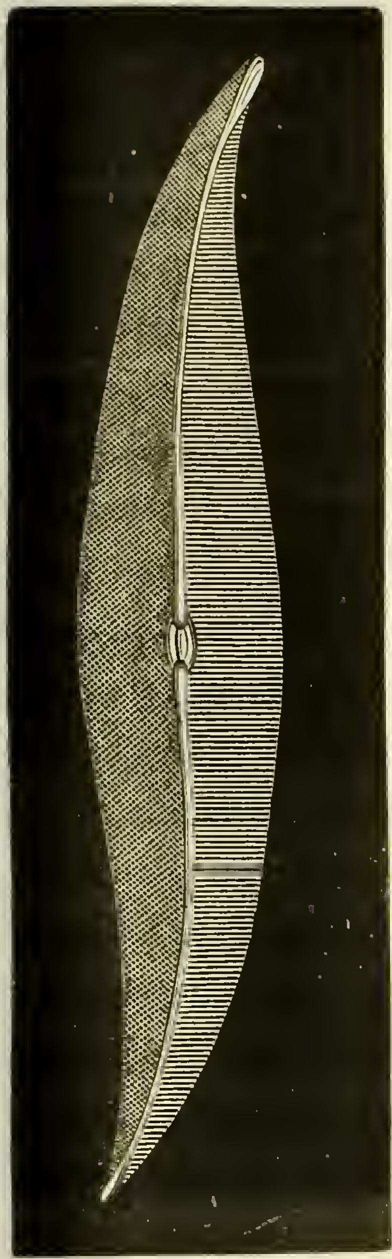


Fig. 201. — *Pleurosigma angulatum.* La partie droite de la figure montre le système de stries transversales tel qu'on l'obtient avec un objectif assez faible et un éclairage directement parallèle au grand axe du frustule. La partie gauche montre les deux systèmes de stries obliques tels qu'on peut les obtenir avec le même objectif et un éclairage directement parallèle au petit axe du frustule. Un éclairage diagonal montrerait à la fois les trois systèmes et déterminerait une réticulation hexagonale.

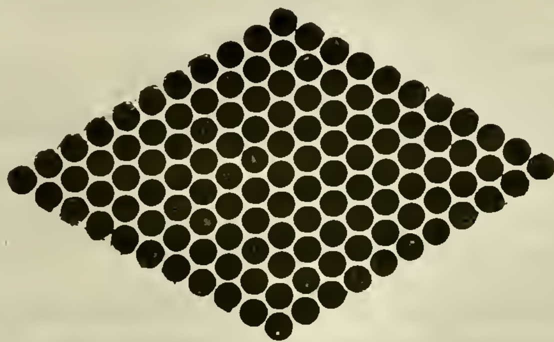


Fig. 202. — Schéma produisant par illusion d'optique les hexagones du *Pleurosigma angulatum.*

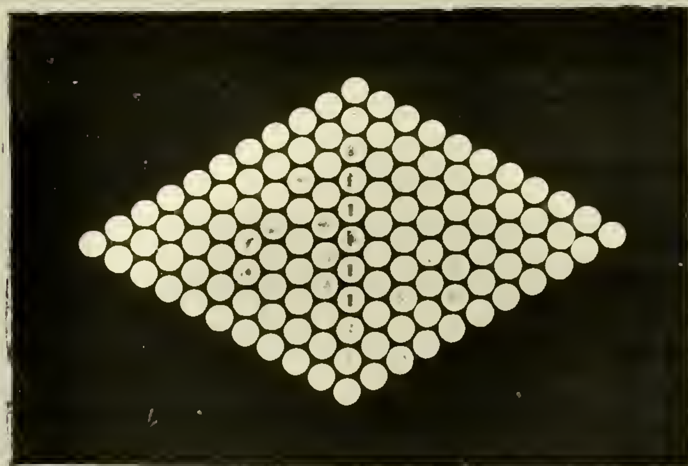


Fig. 203. — Schéma inverse.

Ces derniers les montrent très-facilement dans la lumière centrale à l'aide du condensateur achromatique de Ross, Beck ou Abbé, grâce à leur grande ouverture et à l'ouverture non moins grande du système optique condensateur (170°-160°).

Le *Pleurorigma quadratum* plus court et plus large (0^{mm},1640 de long sur 0^{mm},0369 de large) présente des dessins absolument semblables mais plus fins (1).

Le *Pl. Balticum* est une très-jolie Diatomée, ainsi que le *Pl. scalprum*. L'un et l'autre se présentent toujours avec de belles couleurs irisées dues à des jeux de la lumière sur les fines divisions de leur surface, mais ils n'ont que deux systèmes de stries, très-faciles à reconnaître avec le moindre objectif, et même dans la lumière centrale ; l'un des systèmes est longitudinal et l'autre transversal. Il en est de même du très-élégant *Pl. formosum*. Le *Pl. Balticum* est très-grand, 0^{mm},4000 de long sur 0^{mm},0300 de large ; le *Pl. formosum*, long aussi, et pointu aux extrémités, mesure 0^{mm},3480 de longueur sur 0^{mm},0310 de largeur. Le *Pl. scalprum* est beaucoup plus petit : 0^{mm},1640 sur 0^{mm},0245, etc.) (2).

(1) Le *Navicula rhomboides* et le *Frustulia saxonica*, Naviculées voisines, toutes deux à stries transversales, constituent aussi des tests ; le *Frustulia* est presque aussi difficile à résoudre que l'*Amphipleura* (V. fig. 188, *c*).

(2) Rappelons que ces mesures n'ont rien d'absolu. On trouve des exemplaires plus petits et d'autres plus grands.

Voici quelques mesures prises par nous sur divers exemplaires de Diatomées :

Achnantes longipes.......	(prépar. de J. Bourgogne père).		0^{mm},0405 à 0^{mm}.0518
Actinoptychus undulatus..	—	—	0 ,1008 à 0 ,1268
Amphipleura pellucida....	(prépar. de E. Bourgogne).		0 ,0536 à 0 ,0945
Amphitetras antediluviana	(prépar. de J. Bourgogne père).		0 ,0690 à 0 ,1495
Arachnoidiscus japonicus..	—	—	0 ,1498 à 0 ,1584
Biddulphia pulchella.....	—	— (haut.)	0 ,1150 à 0 ,1450
Campylodiscus costatus...	(prépar. de E. Bourgogne).		0 ,0945
Cocconeis Grevillei.......	(prépar. de J. Bourgogne père).		0 ,0634
Coscinodiscus oculus Iridis	—	—	0 ,1094
Eupodiscus Ralfsii.......	—	—	0 ,1152 à 0 ,1296
Frustulia saxonica.......	(prépar. de Hansen).		0 ,0740 à 0 ,0778
Grammatophora marina..	(prépar. de J. Bourgogne p.).		0 ,0778 à 0 ,1008
Gramm. subtilissima.....	(prépar. de J. Möller).		0 ,0432
Heliopelta Mitii..........	(prépar. de J. Bourgogne p.).		0 ,2304
Isthmia enervis..........	—	— (long.).	0 ,2880 et plus.
Nitzschia sigmoidea......	—	—	0 ,1498 à 0 ,2592
Pinnularia nobilis........	(prépar. de E. Bourgogne).		0 ,2700 à 0 ,2880
Pleurosigma acuminatum.	—	—	0 ,1180
Pleur. angulatum........	(prépar. de J. Bourgogne p.).		0 ,2735 à 0 ,2940
Pleur. attenuatum.......	—	—	0 ,0720
Pleur. balticum.........	—	—	0 ,3226
Pleur. formosum.........	(prépar. de Wheeler).		0 ,3200
Pleur. quadratum........	—	—	0 ,1500
Pleur. scalprum.........	(prépar. de J. Bourgogne p.).		0 ,1584
Surirella gemma.......	—	—	0 ,1382 à 0 ,1555
Sur. fastuosa......... .	—	—	0 ,0922 à 0 ,1296
Triceratium favus........	—	— (haut.).	0 ,1584

Beaucoup d'autres espèces, le *Pl. attenuatum*, par exemple, employé aussi quelquefois comme test, ne présentent aucun intérêt particulier, non plus que le *Pl. acuminatum*.

Ces Diatomées habitent, en général, les eaux douces; quelques-unes cependant, les dernières en particulier, sont marines, mais on en trouve en grande quantité et notamment des *Navicula*, *Pinnularia*, etc., dans les terres fossiles, les guanos, etc.

Rappelons, enfin, que c'est sur les *Navicules* que l'on constate le plus facilement le mouvement de translation dont ces espèces sont douées. Il suffit, pour cela, de mettre sous l'objectif une goutte d'eau contenant un peu de l'enduit brunâtre qui recouvre les pierres immergées, dans les étangs, pour voir le champ du microscope traversé dans tous les sens par un grand nombre de ces petits bateaux dans lesquels il est très-facile de reconnaître la disposition de l'endochrôme jaunâtre, du noyau, etc. Ces espèces sont ordinairement libres, d'ailleurs, et on peut très-aisément les surprendre au moment où elles sont en voie de division.

Les **Actiniscées** ne nous offriraient, après les Naviculées, qu'un intérêt très-secondaire, mais il n'en est pas de même d'une nouvelle tribu, celle des **Ambulatoriées**, dont on doit la découverte à M. Germain (de Saint-Pierre), et dont l'éminent botaniste a trouvé les espèces dans les flaques d'eau saumâtre, sur les bords de la Méditerranée, à Hyères.

Ces Algues, dont la place parmi des Diatomées ne nous paraît pas, quant à présent, parfaitement justifiée, se composent d'un tube d'un très-petit diamètre (de $0^{mm},04$ à $0^{mm},12$) arrondi par les deux bouts et marqué de différentes ponctuations, stries, etc., suivant les espèces. Elles ont donc avec les *Oscillaires* ou avec les *Melosira* une grande analogie; mais, de plus, elles se meuvent par un mouvement de reptation souvent assez rapide, traversent le champ du microscope, s'arrêtent, repartent en sens contraire et sans les effets d'oscillations qu'on remarque chez les *Oscillatoria*. M. Germain de

Nous avons trouvé sur un *Surirella gemma*, dans $0^{mm},01$, 12 fines stries transvers. et 15 stries sineuses;

— sur un *Frustulia saxonica*, 20 stries transvers. par $0^{mm},01$.

— sur un *Amphipleura pel.*, 40 — — —

J.-P.

Saint-Pierre qualifie ce mouvement de *spontané* et *volontaire*.

Un petit nombre d'espèces réparties en 7 genres composent ce groupe. Il est remarquable qu'elles peuvent continuer à vivre et à s'agiter dans des eaux bourbeuses putrides, où les Infusoires et les autres Diatomées ont cessé d'exister (fig. 204).



Fig. 204. — *Scalaria rapida*.

Récolte et préparation. — On récolte les Diatomées dans les eaux courantes, les mares, les étangs, les flaques laissées par les pluies, dans les marais salés et sur les plages marines. On les trouve, le plus souvent, mêlées aux Desmidiées, sur les corps inondés, les pierres, les plantes aquatiques. Elles se présentent ordinairement sous forme d'un léger enduit brunâtre ou de flocons nuageux qu'on récolte avec précaution dans de petits flacons remplis avec l'eau environnante. Les Desmidiées forment un enduit mucilagineux vert. On racle la surface des pierres ou des objets qui paraissent recouverts de ces enduits, et on les examine avec une loupe assez puisante pour reconnaître la présence des petites Algues. On peut se servir avec avantage, pour cet examen, du petit microscope de poche de J. Swift (fig. 205). On place une goutte du liquide sur une lame de verre qu'on glisse dans le ressort formant platine. On peut ainsi reconnaître en quelques minutes la nature des différents enduits qu'on récolte. On fait en sorte de placer dans des flacons séparés les espèces différentes qu'on trouve rassemblées en grand nombre. Il faut avoir soin de ne pas agiter la boue putride ; mais les croûtes brunâtres que laissent les mares mises à sec sont ordinairement couvertes de

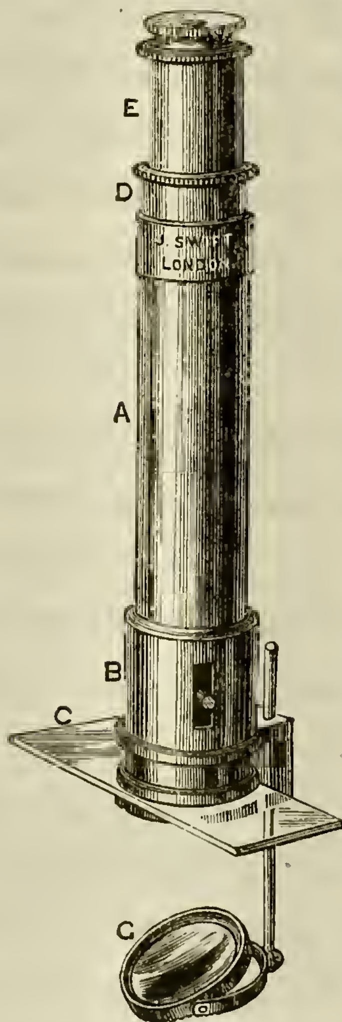


Fig. 205. — Petit microscope de poche (de J. Swift) pour la recherche des Diatomées et des Desmidiées (grandeur naturelle).

A, corps de l'instrument ; B, monture terminée par un ressort annulaire qui pince et maintient le porte-objet C; E, oculaire; D, cordon molleté pour la mise au point; G, miroir mobile et pouvant s'élever par une tige glissant dans sa monture. On peut employer des objectifs de tous grossissements.

Diatomées. En opérant avec précaution, et en remplissant les flacons de manière à éviter l'agitation du liquide par le mouvement, on peut récolter de grandes quantités de ces plantes. On

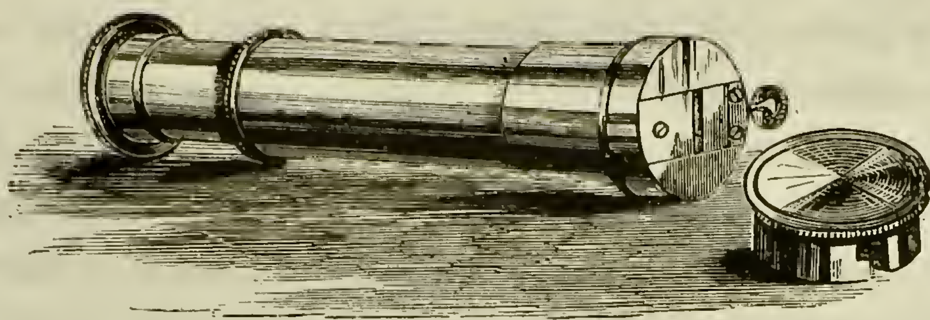


Fig. 206. — Microscope de poche, de J. Swift, plié. Longueur : 10 centimètres.

les place dans des vases à la lumière, mais non au soleil ; et, en renouvelant l'eau qui s'évapore, on peut les conserver très-longtemps vivantes.

Pour les préparer à l'observation microscopique, on place une parcelle de l'enduit diatomifère dans un verre de montre, avec un peu d'eau, et on laisse reposer le liquide pendant quelque temps. Bientôt, les Diatomées se dirigent vers les bords où elles s'attachent, tandis que la vase et le sable se déposent au fond. Avec un tuyau de plume taillé en cuiller, on les détache pour les laver et les préparer.

Lorsqu'on récolte de grandes masses de Diatomées filamenteuses ou de plantes aquatiques chargées de frustules, on peut enlever l'épiderme de ces plantes par petites bandes et faire bouillir les filaments et les bandes d'épiderme dans de l'acide azotique dilué. Les frustules sont alors séparés et on les retrouve au fond du liquide qu'on décante. On les lave et on les dessèche, après quoi on peut procéder à leur préparation qui se fait par les moyens connus. Pour l'étude de leurs stries, on les prépare dans le baume ou mieux à sec. Nous ne reviendrons pas sur ce que nous avons dit à ce sujet. Toutes ces opérations sont d'ailleurs excessivement délicates, car on opère en général sur des corpuscules à peu près invisibles à l'œil nu : « On sait, nous disait M. J. Bourgogne père qui excelle à ces préparations, on sait ce qu'on fait, mais on ne le voit pas. » — Avec du soin et beaucoup de patience, on réussit néanmoins, et

un peu de pratique vaut mieux que tous les détails de manuel opératoire que nous pourrions donner ici.

Ainsi préparées, les Diatomées se révèlent avec toute la merveilleuse délicatesse de leurs sculptures. Quelquefois, elles se présentent sur le porte-objet sous forme d'une poussière qui s'irise de toutes les couleurs du prisme par suite du jeu des rayons lumineux dans ces lames extrêmement minces. Leur étude à l'état de préparation sèche exige parfois, comme nous l'avons vu, l'emploi des objectifs les plus puissants qui aient été construits, objectifs dont quelques-uns même peuvent être considérés comme n'ayant guère d'autre utilité, d'autre but que la résolution des stries des Diatomées. Il est quelquefois utile de monter les Diatomées dans le sulfure de carbone pur ou tenant du phosphore en dissolution (Stephenson), afin de renverser les conditions de réfrangibilité des différents milieux et de reconnaître la nature des courbes convexes ou concaves des sculptures qui marquent la surface de certains frustules (*Coscinodiscus*, *Triceratium*, etc.). Mais, dans les conditions ordinaires, les Diatomées se préparent à sec.

Quant à leur étude à l'état vivant, elle n'exige aucune préparation. Mais nous ne saurions trop recommander, avant de les soumettre aux forts objectifs que nous avons indiqués, de les examiner, vivantes ou mortes, sur champ noir avec le miroir de Lieberkühn, pour les objectifs de 1/4 de pouce de foyer, et surtout, autant que possible, vivantes, avec le binoculaire, en éclairant le porte-objet avec le paraboloïde de Wenham ou un appareil analogue. On obtiendra ainsi des paysages magiques dans lesquels végètent des Protophytes de toutes couleurs, où tourbillonnent des Infusoires de toutes formes, où des Rotifères étranges font la chasse à des êtres plus petits encore, où serpentent lentement les Oscillaires et naviguent les frêles barques des Diatomées, tandis que çà et là brille, comme une étoile, une Desmidiée d'un vert éclatant et gai.

CHAPITRE XVI.

LES PSOROSPERMIES

C'est à la suite des Algues que la plupart des micrographes s'accordent à placer des organismes très-simples que J. Müller a découverts dans les organes de plusieurs poissons d'eau douce, et auxquels il a donné le nom de *Psorospermies*, en les considérant comme des parasites végétaux. C'est à cette opinion que s'est rangé Ch. Robin qui les rapproche des Diatomées. Plusieurs naturalistes les ont placés dans les bas-fonds du règne animal, mais les travaux de Balbiani sur les Psorospermies des poissons, des reptiles, des insectes et en particulier des lépidoptères, y compris les Vers à soie chez lesquels ils constituent les *corpuscules de Cornalia*, caractéristiques de la maladie appelée *pébrine*, les recherches de M. Pasteur et, enfin, celles de M. Vlacovich, ne paraissent laisser aucun doute sur la nature végétale de ces organismes : soumis à l'action successive des alcalis, des acides et de l'iode, leur membrane enveloppante manifeste une coloration violette qui indique la présence de la cellulose ou d'une de ses modifications (Vlacovich).

Quoi qu'il en soit, les Psorospermies se rencontrent chez les poissons, dans presque tous les organes et notamment entre la membrane interne et la membrane externe de la vessie natatoire (partie antérieure, aérienne, ou *courte portion*). Leur développement, dans ces animaux, paraît plus complet et leur organisation y est mieux connue que chez les insectes.

Elles se présentent sous la forme de cellules microscopiques d'aspect et de volume variables, selon les poissons sur lesquels on les étudie (Tanche, Carpe, Cyprins, etc.). Ordinairement ovales, les cellules mesurent de $0^{mm},014$ à $0^{mm},025$ de diamètre et sont constituées par une membrane résistante, une sorte de coque formée de deux valves réunies par une bande connective annulaire, composée elle-même de deux anneaux accolés dont chacun appartient à la valve qu'il borde et semble s'unir à l'anneau de l'autre valve

par l'intermédiaire de petits filaments, très-difficiles à apercevoir, mais qui prennent un grand accroissement lorsque les valves s'entr'ouvrent, au moment de la conjugaison de la cellule avec une autre. Les deux cellules s'entourent alors réciproquement avec ces filaments.

Dans la cellule, on remarque, vers l'une des extrémités, deux corpuscules pyriformes, brillants, fixés au sommet de la cellule par leur extrémité amincie, et pendants, pour ainsi dire, dans la cavité de cette cellule qui contient encore un nombre plus ou moins considérable de globules plus petits, brillants aussi, disposés symétriquement autour des deux corpuscules dont ils semblent représenter un état jeune ou non développé.

Enfin, les deux corpuscules ne sont autre chose que de petites cellules contenant chacune un long filament enroulé en spirale.

Si l'on soumet la Psorospermie à l'action de la potasse ou de la soude, on remarque d'abord que les filaments se déroulent, prennent une longueur considérable et sortent à travers la membrane de la coque par une très-petite ouverture percée à son sommet. Leur base reste fixée aux deux corpuscules. Plus tard, l'action de l'alcali détermine la déhiscence de la coque et l'écartement des deux valves.

Devant ces détails d'organisation, on ne peut s'empêcher de penser aux Volvociens, aux Chlamydococcus, etc., que nous avons décrits antérieurement.

Mais cette assimilation devient encore plus saisissante par le fait suivant : La Psorospermie, outre les deux corpuscules pyriformes, brillants, à filament spiral, outre les petits globules qui entourent ceux-ci, contient encore un protoplasma très-transparent, gélatineux, que l'on peut coaguler sous forme de noyau par les réactifs, mais qui, à un certain moment, se coagule spontanément, prend la forme sphérique, et, par des contractions lentes, entr'ouvre les valves de la coque et s'en va, rampant comme un Amibe, jusqu'à ce qu'il s'arrête pour se constituer en une cellule ou kyste ; celle-ci se remplit bientôt de corpuscules dans lesquels on reconnaît autant de Psorospermies. Nous avons vu que, de même, chez les Volvoces, quelques-uns des globules intérieurs de la sphère s'échappent parfois par des mouvements amiboïdes.

Quant à la conjugaison, nous avons observé dans le cours de nos études sur les *corpuscules* des Vers à soie et de plusieurs autres insectes, quelques faits dont nous croyons pouvoir tirer les conclusions suivantes :

Deux Psorospermies voisines entr'ouvrent leurs valves, et les filaments de leurs bandes connectives les attachent l'une à l'autre. Bientôt, le protoplasma de chacune d'elles se condense en une masse volumineuse qui s'échappe des valves entr'ouvertes et va se fondre dans le protoplasma de la seconde cellule, constituant une nouvelle masse, plus volumineuse que chacune des Psorospermies, une sorte d'*auxospore*, dans laquelle on remarque un mouvement amibiforme quelquefois peu apparent, mais quelquefois très-actif. Cette auxospore, après quelque temps de reptation, s'entoure d'une membrane, son protoplasma se fractionne et l'on voit apparaître peu à peu, dans son intérieur, des corpuscules ovoïdes brillants qui bientôt sont mis en liberté par la résorption de la cellule mère, au nombre de 4, 5 ou jusqu'à une vingtaine, et constituent autant de Psorospermies nouvelles.

Parmi les Psorospermies filles, il nous a paru qu'un certain nombre restent indéfiniment à l'état de corpuscule brillant, sans manifester de phénomènes de multiplication, sauf, peut-être, par division binaire, tandis que d'autres restent ou demeurent plus pâles et prennent l'aspect de la cellule que nous avons décrite en commençant, cellule dans laquelle s'organisent d'autres corpuscules dont un, deux ou quelquefois quatre s'accroissent et se remplissent d'un filament enroulé en spirale.

Nous croyons aussi que dans le cas où le protoplasma d'une cellule isolée s'échappe, amibiforme, de sa cellule, en dehors de toute conjugaison, il ne se transforme en cellule mère qu'après avoir absorbé un autre protoplasma amibiforme, isolé comme lui, et s'être ainsi conjugué loin de la Psorospermie dont il est sorti. Les Psorospermies, en effet, ne sont pas mobiles comme les Diatomées, ni libres, ni flottantes dans un liquide dont les mouvements peuvent les rapprocher. Elles sont fixées par une exsudation gélatineuse, tenace, à la surface d'un tissu animal, ou emprisonnées dans l'épaisseur même de ce tissu. Ce serait donc pour faciliter leur multiplication

que la nature a donné à leur protoplasma la faculté de se mouvoir pour aller se conjuguer où il trouve à le faire. C'est encore dans le même but que les valves de la Psorospermie ont été munies de ces filaments qui, à l'époque de la conjugaison, s'allongent comme des tentacules pour saisir et rapprocher une cellule du voisinage.

Les faits précédents qui résultent de nos observations personnelles, nous paraissent certains, ils nous ont été fournis par les Psorospermies de la Carpe et de plusieurs insectes (*Bombyx*, *Pyralis*, *Sphynx*), mais nous n'avons pu les suivre avec la même certitude dans le *Bombyx mori* ou Ver à soie.

Les Psorospermies varient, d'ailleurs, beaucoup d'aspect et de taille, comme nous l'avons dit, et celles des poissons et des reptiles (Ophidiens et Lacertiens) se prêtent mieux à l'étude que celles de la plupart des insectes. Les unes et les autres, toutefois, répandues dans le liquide du porte-objet y sont soumises à un mouvement brownien, le plus souvent très-actif, et qui a fait donner à celles du Ver à soie le nom de *corpuscules vibrants* ou *corpuscules oscillants*.

Les corpuscules du Ver à soie ont été entrevus pour la première fois, en 1849, par Guérin Meneville qui se méprit complétement sur leur nature, étudiés ensuite (1850) par M. de Fili ppi qui leur donna ce nom de « corpuscules oscillants, » puis par Leydig qui les classa avec les Psorospermies. Le célèbre bacologue Cornalia, de Milan, reconnut leur relation avec la maladie pébrine ; Frey, Lebert, Balbiani leur assignèrent définitivement leur place près de ces Psorospermies si bien observées par Balbiani. Enfin M. Pasteur les étudia, dès 1865 (1), reconnut en eux la cause et le symptôme caractéristique de la pébrine et fonda sur l'examen microscopique des papillons les procédés grâce auxquels la terrible maladie a déjà considérablement diminué ses ravages, et sera enrayée lorsqu'ils seront partout mis scrupuleusement en pratique.

Nous ne pouvons faire ici l'étude de la maladie des Vers à soie, mais nous rappellerons seulement que la Psorospermie, développée dans les tissus du papillon femelle, passe dans les œufs où elle se

(1) J. Pelletan, *Manuel pratique du microscope appliqué à la sériciculture*, 1 vol. in-18. Paris, 1875.

multiplie déjà au moment de l'incubation, et dans l'embryon, puis dans le ver, où elle ne tarde pas à pulluler, passant, sous forme d'Amibe, du canal digestif dans tous les organes, dans l'appareil producteur de la soie dont elle arrête la sécrétion. Elle finit par tuer l'insecte, à l'un de ses divers âges, ou passe encore dans ses œufs pour faire périr la génération qui doit en sortir. Répandus avec les excréments sur les feuilles, les corpuscules sont ingérés par les vers sains et se multiplient dans leurs organes. La pébrine est donc essentiellement contagieuse et héréditaire.

En broyant dans un peu d'eau une partie du corps d'un papillon corpusculeux, ou quelques œufs un peu avant l'éclosion, on observe dans une goutte du liquide ainsi obtenu des corpuscules de diverses formes qui nous représentent les états successifs des Psorospermies que nous avons étudiés (fig. 207) :

a. Des corpuscules ovoïdes à contours nets et brillants, mesurant $0^{mm},0030$ de long sur $0^{mm},0025$ de large, sur lesquels, avec d'excellents objectifs à immersion et un fort grossissement (N° 10 Nachet, 13, Hartnack et Prazm., 1/20 de p. Beck, 1/16, Powell et Lealand, N° 2 et 3, Zeiss), on aperçoit parfois la ligne longitudinale formant la bande connective des deux vlaves. Ces *corpuscules ovoïdes brillants*, doués d'un vif mouvement brownien, sont considérés par M. Pasteur comme des organismes vieillis et incapables de reproduction ;

b. Des corpuscules plus pâles, d'apparence gélatineuse, sarcodique, ou amiboïde contenant, dans leur intérieur, de plus petits corpuscules, au nombre d'un ou deux, différemment groupés, et dans lesquels nous n'avons pu encore retrouver le filament spiral qui remplit les corpuscules semblables des Psorospermies des poissons. Ces corpuscules à globules intérieurs ou vacuoles sont évidemment en voie d'activité ;

c. Des corpuscules pyriformes, pâles aussi, dont on peut souvent apercevoir la paroi par son double contour, et qui, parfois, renferment un ou plusieurs noyaux semblables à ceux que l'on rencontre libres (en *d*) et qui sont des agents de multiplication ;

e. Des cellules sphériques, à contour mal limité, dont les unes, à peine plus grosses que les noyaux libres, et d'autres cinq ou même

dix fois plus considérables que les corpuscules ovoïdes. A travers leurs parois, on distingue, dans leur intérieur, un protoplasma segmenté qui, dans quelques-unes, se résout bien évidemment en corpuscules ovoïdes ou pyriformes, c'est-à-dire en Psorospermies

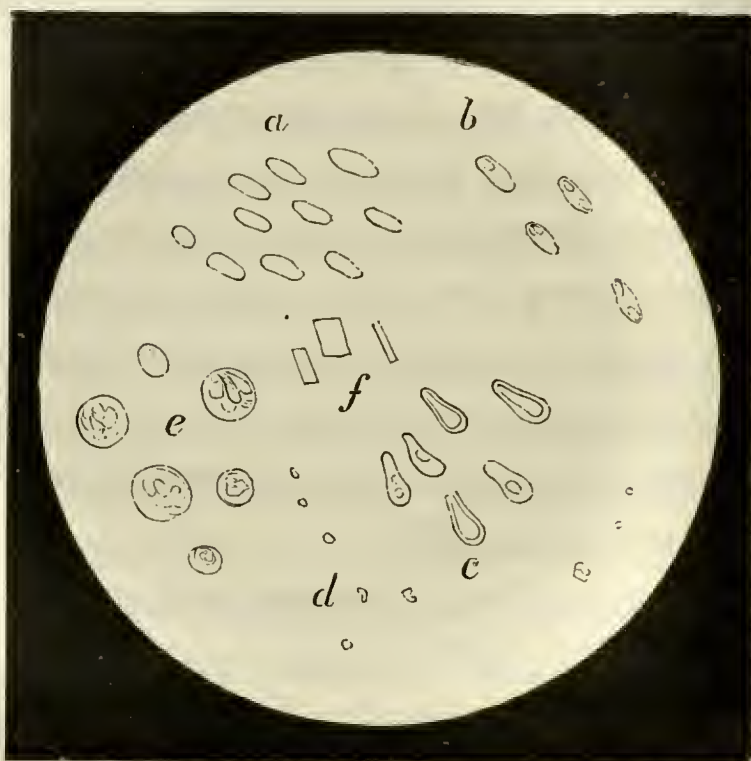


Fig. 207. — Psorospermies du Ver à soie à différents états (600 diamètres).

nouvelles. Ce sont donc des cellules mères. Elles sont quelquefois tellement abondantes qu'elles pénètrent tous les tissus d'une couche continue, véritable gangue de corpuscules, et qui se résout en des millions de Psorospermies (1).

Ajoutons que Lindemann a trouvé des Psorospermies dans les fibres musculaires du cœur et des autres organes de l'homme. Il en existe aussi sur les cheveux qui servent à fabriquer les faux chignons, lesquels cheveux ne proviennent pas toujours de personnes propres, car ces Psorospermies, que le fabricant de faux chignons n'enlève pas, d'abord parce qu'il ne les voit pas, et ensuite parce que les réactifs qui les dissoudraient (alcalis caustiques) attaqueraient aussi le cheveu, ces Psorospermies ont été déposées là avec les excréments des poux qui ont antérieurement vécu dans les cheveux et dont les intestins sont toujours pleins de ces parasites.

Préparation. — La préparation des Psorospermies est très-fa-

(1) *f* dans la figure 207 représente les cristaux d'urates que l'on trouve dans les *vaisseaux de Malpighi* du Ver à soie et de tous les papillons.

cile. Dans les poissons, on choisira de préférence la vessie natatoire dont on dédoublera la membrane, dans la courte portion, sous le microscope simple ou la loupe, au besoin, et l'on examinera le fragment de membrane, ainsi dédoublé, sur sa face interne, après l'avoir étalé dans une goutte d'eau.

La Tanche nous paraît fournir les plus grosses cellules. On en trouve dans la rate, les reins, la tunique externe des artères.

L'emploi d'une solution diluée de potasse ou de soude met en évidence la constitution de la cellule psorospermique et de son contenu.

Parmi les reptiles, les Couleuvres, et parmi les crustacés, les Écrevisses fournissent aussi des Psorospermies volumineuses. Parmi les insectes, les Pyrales en offrent de très-grosses et les cellules mères des Psorospermies de la *Pyralis viridana* ont quelquefois jusqu'à 0^{mm},14 de diamètre.

Celles des *Bombyx*, et en particulier des Vers à soie, sont fort petites. L'observation en est très-facile, il suffit de broyer l'insecte ou une partie de son corps, avec un peu d'eau, dans un mortier de porcelaine et de déposer une goutte de la bouillie sur le porte-objet pour reconnaître, au milieu des débris de trachées, des plumules, des écailles, des gouttelettes graisseuses, les corpuscules vibrants de Cornalia. Un grossissement de 500 diamètres est indispensable, et si l'on veut étudier de plus près l'organisation des Psorospermies, il faut souvent avoir recours à des amplifications de près de 1,000 diamètres et aux meilleurs objectifs de Nachet, Hartnack, Vérick, Zeiss ou des bons constructeurs anglais.

QUATRIÈME PARTIE

APPLICATIONS DU MICROSCOPE A LA ZOOLOGIE

(MICROZOOLOGIE, ENTOMOLOGIE)

CHAPITRE PREMIER.

LES MICROZOAIRES.

Lorsqu'on abandonne, au contact de l'air, de l'eau contenant une matière organique, et particulièrement une matière animale, on ne tarde pas à voir le liquide se troubler et, à sa surface, il se forme une pellicule mucilagineuse que les mycéliums de moisissures envahissent souvent, mais qui, dans tous les cas, lorsqu'on en place une parcelle, avec une goutte de l'eau ambiante, sous le microscope muni d'un objectif puissant, se révèle aussitôt comme peuplée d'une innombrable quantité d'animaux microscopiques. C'est cette couche que Burdach appelait *couche muqueuse primordiale*, c'est la *pellicule proligère* de Pouchet.

Quant aux organismes animés qui s'agitent dans le liquide, ce sont des *Infusoires* très-simples, tellement simples que malgré le perfectionnement de nos instruments d'optique on n'a encore pu leur reconnaître, d'une manière certaine, aucun organe ni aucun appendice; il n'est même pas possible de donner de leurs dimensions une mesure exacte, parce que le plus souvent ces dimensions sont tellement petites qu'elles échappent à nos procédés de micrométrie. Il ne paraît pas, enfin, qu'on ait des raisons suffisantes pour les classer dans le règne animal plutôt que dans le règne végétal. Et, en effet, suivant les auteurs, ils sont rangés tantôt dans un

règne, tantôt dans l'autre, et il y a même, à notre avis, plus de raisons pour les considérer comme des végétaux confinant à ces êtres ambigus que nous avons décrits sous les noms de Volvoces, Monades, Protococcus, Psorospermies, et même à ces Diatomées que certains observateurs placent aussi au nombre des animaux microscopiques (1). Parmi ces raisons, la principale consiste dans ce fait que l'ammoniaque ne dissout pas ces corpuscules animés, pas plus que les Algues microscopiques, tandis qu'elle dissout entièrement la matière organique qui forme le corps des Infusoires incontestablement animaux.

Ces corpuscules sont des *Bactéries* et des *Vibrions*.

Dans toute décomposition de matière organique, les Vibrions apparaissent rapidement. S'il s'agit de matières animales, quelques heures suffisent pour amener leur formation. Pendant les grandes chaleurs, le sang d'un animal sain se remplit de Vibrions une heure après qu'il est sorti des vaisseaux. On ne les trouve pas dans les liquides des animaux vivants et sains, mais douze heures après la mort, la muqueuse de l'estomac et de l'intestin se recouvre de *Bactéries*, qui y apparaissent même pendant la vie chez l'homme et les animaux malades,

Ces **Vibrioniens**, c'est ainsi qu'on a désigné la *famille* (?) où l'on a rangé ces êtres, se présentent sous la forme de très-petits bâtonnets, les uns droits, les autres arqués, d'autres enfin tournés en spirale ou en tire-bouchon. Les premiers se meuvent d'un mouvement oscillant, plus ou moins actif, les derniers tournent rapidement autour de leur axe et, en raison de leur forme spirale, on peut dire qu'ils se *vissent* dans le liquide.

Enfin certains petits bâtonnets droits paraissent immobiles.

Les bâtonnets droits et immobiles ont reçu le nom de *Bacteridium*. Les bâtonnets mobiles sont des *Bacterium* s'ils sont droits, des *Vibrio* s'ils sont arqués, des *Spirillum* s'ils sont spiraux. (Davaine).

Les Bactéridies (*Bacteridium*) ont été rattachées aux Algues mi-

(1) Ajoutons d'ailleurs que plusieurs microzoologistes modernes, M. de Fromentel par exemple, replacent les Volvoces, Monades, Protococcus parmi les Infusoires animaux. Voir E. de Fromentel, *Études sur les Microzooaires*. 1 vol. in-4° avec planches. Paris, 1874. G. Masson.

croscopiques par Ch. Robin qui a démontré l'identité de la plupart de ces corpuscules, dont il a fait une espèce du genre *Leptothrix*, le *Leptothrix buccalis*, qui se développe sur les papilles de la langue de l'homme et des animaux, sur les muqueuses et même dans le sang, pendant certaines maladies, le *sang de rate* chez les bestiaux, le *charbon*, la *morve*, etc. (fig. 163, 2).

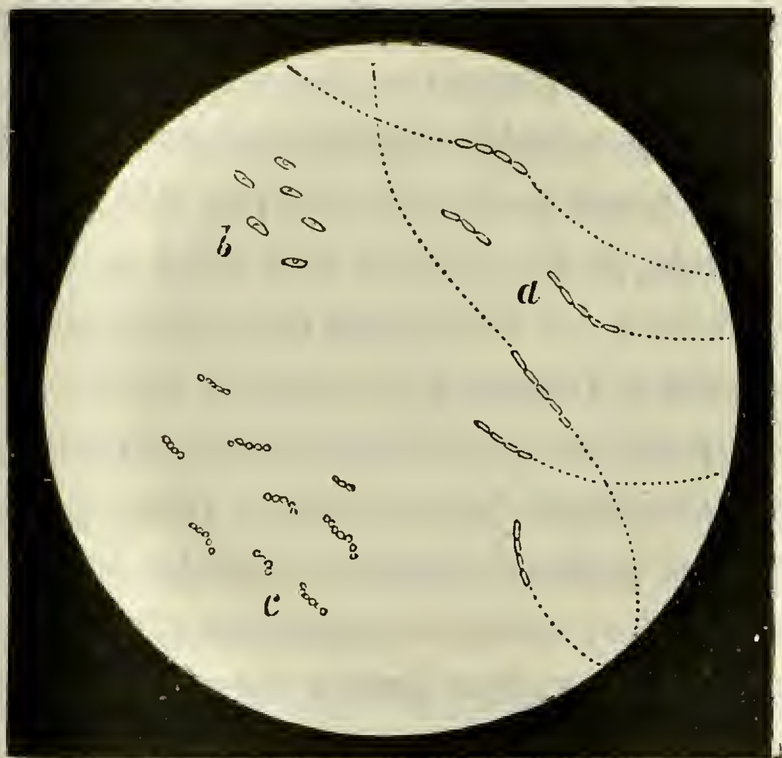


Fig. 208. — Bactéries et Vibrions.
a, *Vibrio rugula*; *b*, *Bacterium putredinis*; *c*, Algue microscopique, ferment. Les lignes ponctuées indiquent le chemin parcouru par les Vibrions (800 d.).

La plupart de ces espèces du genre *Bacterium*, genre établi sur la forme droite des bâtonnets et leur mouvement vacillant, paraissent aussi devoir être confondus avec le *Leptothrix buccalis*. Ces espèces sont : les *B. termo*, à corps un peu renflé au milieu, de deux à cinq fois aussi long que large, assemblés souvent deux à deux, peut-être par suite de la division binaire ; *B. punctum*, à corps un peu plus arrondi et ponctiforme, isolés ou assemblés deux à deux ; *B. catenula*, filiformes, assemblés en chaînette de 2, 3, 4 et 5 bâtonnets ; *B. putredinis*, qui se développe dans toutes les putréfactions. Ce dernier se présente sous deux formes : corpuscules amorphes se perdant aux limites extrêmes de la visibilité et formant un tourbillon mouvant ; ou filaments droits, vacillants, ayant depuis

$0^{mm},002$ de long jusqu'à près de $0^{mm},030$; — *B. capitatum*, filament à mouvements vifs, ayant une extrémité renflée, etc.

Parmi les espèces du genre *Vibrio*, le *V. lineola* forme un filament composé de deux ou trois éléments flexueux, à mouvements ondulants, le *V. rugula*, un filament flexueux à articles souvent nombreux, à mouvements vifs et serpentants. Enfin, un très-grand nombre d'autres corpuscules analogues, Vibrions ou Bactéries, se rencontrent dans les liquides en fermentation, fermentation lactique, butyrique et même alcoolique. La plupart se trouvent aussi dans les humeurs des animaux vivants pendant le cours de certaines maladies; c'est ainsi que le *Bacterium termo* a été observé par MM. Coze et Feltz dans le sang de la variole, le *B. catenula* dans celui de la fièvre typhoïde, le *Vibrio rugula* dans les déjections des cholériques (A. Pouchet).

Mais hâtons-nous d'ajouter qu'aucune de ces Bactéries, aucun de ces Vibrions ne peut être considéré comme caractéristique de telle ou telle maladie ou comme la produisant. Jusqu'à présent, on peut les regarder comme prenant naissance dans les liquides de l'homme et des animaux malades, seulement au même titre et dans les mêmes circonstances qu'on les voit se former dans les matières organiques animales abandonnées, dans un vase, à la décomposition. En vertu de leur activité vitale, ils agissent comme ferments et hâtent la décomposition des substances avec lesquelles ils sont en contact, en absorbant l'oxygène avec énergie, émettant de l'acide carbonique, pendant que les autres éléments se groupent de diverses manières pour former les différents produits de destruction de la matière organique.

Bien des hypothèses ont été proposées, on le sait, pour expliquer la formation de ces organismes, et nous touchons là à la question tant controversée de la génération spontanée, question que nous ne pouvons développer ici, mais à propos de laquelle nous devons, cependant, dire un mot de la théorie de M. Béchamp sur les *Microzymas*. M. Béchamp admet, en effet, que les granulations qui composent la couche proligère des infusions en décomposition ne sont autre chose que les granulations moléculaires qu'on observe dans toutes les cellules animales et végétales. Ces granulations (que Hallier appelle *Micrococcus*) sont les *Microzymas* de M. Béchamp.

Mis en liberté par la destruction de la cellule, ils ont la propriété de se développer en Bactéries ou en Vibrions en s'unissant bout à bout. Si une Bactérie se forme dans un liquide non organique, c'est qu'un Microzyma y a été apporté, et, suivant que le développement des Microzymas est plus ou moins complet, il en résulte des Bactéries ou des Vibrions représentant des types de plus en plus complexes de cette famille, types qui ne sont ainsi ni des genres, ni des espèces, mais les diverses phases du développement d'un même organisme, la granulation moléculaire ou Microzyma. Ces granulations se trouveraient, grâce à l'état pathologique, mises dans des conditions qui permettraient leur développement dans le sang et les humeurs, ce qui expliquerait la formation des Vibrions dans les tissus vivants pendant certaines maladies.

Cette théorie est évidemment ingénieuse; malheureusement, ce n'est qu'une théorie dont la réalité est bien difficile à prouver; les expériences qui pourraient l'établir ont, à peu près toutes, l'inconvénient d'avoir deux faces et de pouvoir aussi bien être expliquées par la doctrine de la *panspermie*.

Celle-ci, soutenue aujourd'hui par M. Pasteur, n'admet la formation d'un être vivant quelconque, dans un milieu quel qu'il soit, qu'à la condition qu'un œuf ou un germe y ait été apporté, et l'atmosphère se révèle, par des expériences bien simples, comme peuplée de myriades de germes animaux et végétaux qui n'attendent, pour se développer, que d'être placées dans des conditions favorables de température, d'humidité et de milieu.

C'est en effet, aujourd'hui, une notion vulgaire que celle des innombrables corpuscules organiques et minéraux qui remplissent l'air que nous respirons; outre qu'un rayon de soleil nous montre le tourbillonnement dans l'atmosphère même d'une chambre fermée et à l'abri des vents, l'examen, sous le microscope, de toutes les poussières nous y révèle la présence de milliers de matériaux de toutes sortes, grains de sable, fragments de charbon, granules d'amidon, fibres végétales, poils d'animaux, spores de cryptogames, insectes entiers et débris d'insectes, granulations organiques parmi lesquelles peuvent et doivent être des œufs, des germes, des embryons, des animalcules enkystés et tout prêts à reprendre leur ac-

tivité aussitôt que des circonstances favorables leur seront fournies.

On sait, en effet, qu'on préserve de la décomposition, et de la formation des Vibrions, les liquides organiques qu'on garantit de la présence de l'air en les enfermant dans des récipients préalablement portés à une température élevée, pour détruire les germes qu'ils peuvent contenir, et sur lesquels on ne laisse arriver qu'un air préalablement filtré à travers une épaisse couche d'ouate, comme l'a démontré M. Pasteur.

Mais, dans ce cas encore, la décomposition finit toujours par se produire et la théorie de M. Béchamp l'explique en disant que les Microzymas faisant partie inhérente de la nature organisée normale, il n'est pas étonnant que leur évolution, un moment retardée par l'insuffisance d'oxygène, ait fini par se manifester. Mais, d'autre part, la doctrine de l'*hétérogénie*, soutenue par M. Pouchet, affirme qu'aucun germe n'étant intervenu, la matière organisée morte s'est groupée d'une autre manière, et ses éléments ont donné naissance à de la matière organisée vivante, les Vibrions. Tandis qu'enfin on peut admettre, avec M. Pasteur, que si des êtres vivants se sont formés dans le liquide, c'est que des germes y sont parvenus ou y ont été enfermés malgré toutes les précautions prises. Et c'est, en effet, ce qui pour nous paraît le plus probable.

De toute cette discussion il résulte néanmoins un fait incontestable, c'est le transport par l'atmosphère de myriades de matières organiques et organisées parmi lesquelles, entre autres, les spores de certains végétaux sont faciles à reconnaître.

Quoi qu'il en soit, les Vibrioniens se forment dans toutes les matières organiques en décomposition dans un liquide, c'est-à-dire dans ce qu'on appelle *infusions*. Mais dans les infusions végétales où la putréfaction ne vient pas arrêter le développement de la vie, on voit bientôt apparaître une série d'êtres d'une structure de plus en plus complexe, lesquels sont bien réellement des animaux et que l'on confondait naguère sous le nom de *Microscopiques*, d'*Infusoires* ou de *Microzoaires*, mais que leur extrême diversité d'organisation a fait, dans ces dernières années, répartir dans un grand nombre de classes.

Préparation. — L'étude des Vibrioniens n'exige aucune pré-

paration, si ce n'est la production d'infusions, ou plutôt de macérations à froid, dans lesquelles ils peuvent se développer, et leur recherche dans les matériaux organiques vivants ou morts, où ils peuvent avoir pris naissance.

La seule précaution à prendre consiste à colorer l'eau dans laquelle on les examine avec un peu de carmin, afin de rendre plus facilement visibles les êtres microscopiques.

Il est inutile d'ajouter que l'on devra employer des grossissements considérables et choisir surtout les objectifs doués d'une certaine puissance de pénétration. C'est ainsi que l'objectif n° 7 à immersion, de Nachet, nous paraît un des plus commodes pour cette recherche, en raison du fort grossissement qu'il fournit et de son pouvoir pénétrant. Des objectifs plus puissants pourront servir pour chercher à reconnaître la structure de ces petits êtres, et aux objectifs Nachet on pourra joindre ceux de MM. Hartnack et Prazmowski et ceux de MM. Beck, Powell et Lealand, dont le pouvoir définissant est très-grand. Il en est de même des systèmes F, 2 et 3 à immersion de Zeiss.

Nous avons dit que, jusqu'à présent, aucune structure ne leur a été reconnue. Traités par l'ammoniaque, ils ne se dissolvent pas, mais leurs mouvements s'arrêtent.

CHAPITRE II

LES INFUSOIRES

I. — Développement et organisation.

Si l'on place une petite quantité de matière végétale, une feuille, un fragment de tige, quelques brins d'herbe ou de foin dans une quantité d'eau suffisante pour que la putréfaction n'envahisse pas le liquide, et qu'on expose le vase à l'air et à la lumière ; si l'on examine au bout de quelques jours une goutte de cette eau au microscope, on y reconnaît, d'autant plus tôt que la température ambiante est plus élevée, la présence des Vibrioniens, ordinaire-

ment en assez petit nombre, ceux-ci se développant surtout dans les *infusions* ou macérations animales. Mais au bout de quelques jours encore, on s'aperçoit que les Microzoaires inférieurs dont nous avons parlé ont à peu près disparu et qu'à leur place vont, viennent, tourbillonnent dans le liquide des animalcules dont la taille est beaucoup plus considérable et l'organisation beaucoup plus compliquée.

Ces Microzoaires sont les INFUSOIRES proprement dits.

Ce n'est guère que dans la seconde moitié du siècle dernier que les perfectionnements du microscope permirent aux naturalistes d'étudier ces animalcules et de pénétrer les mystères de ce monde étrange, composés d'êtres aux formes bizarres qui s'agitent par milliers dans la moindre goutte d'eau stagnante; Baker (1743), Trembley (1744), Hill (1752), Joblot, Ledermüller, Rœsel (1754-55), enfin Wrisberg (1764) qui donna à ces êtres le nom d'*Infusoires*, furent les premiers à s'avancer dans cette voie difficile où les suivirent bientôt Ellis (1769), Eichorn (1776), Spallanzani et Saussure (1776), puis Gleichen qui eut l'idée de colorer les Microzoaires avec du carmin, invention bien simple qui fit faire de rapides progrès à la Microzoologie (1778). Enfin O.-F. Müller donna, à ce que nous croyons, le premier essai de classification des Infusoires (1786).

Après Müller, il faut citer Lamark, Gmelin, Cuvier, Girod-Chantrains, Bosc, Schrank, Schweigger (1820), Bory de Saint-Vincent qui désigna les Infusoires sous le nom de *Microscopiques*. Mais aucun travail n'eut un plus grand retentissement et ne fit faire de plus réels progrès à cette partie de l'histoire naturelle que celui du célèbre professeur de Berlin, Ehrenberg (1830).

Tandis que, pour Latreille, les Infusoires étaient des êtres sans estomac, des *Agastriques*, Ehrenberg en fit, au contraire, des animaux complets, doués de plusieurs estomacs (*Polygastriques*), d'un système nerveux, d'organes des sens, etc., etc. Mais bientôt une réaction violente s'éleva, tant en Allemagne qu'en France, contre les idées d'Ehrenberg dont les découvertes, entachées d'exagérations évidentes, subirent un contrôle sévère de la part de Dujardin et de plusieurs autres observateurs : Siebold, Leuckart, Pritchard, etc., etc.

Enfin apparurent les travaux tout modernes de Perty (1852), Stein (1854), Claparède et Lachmann (1852-1861), Balbiani (1861), de Fromentel (1874) qui ont constitué l'histoire naturelle des Infusoires telle qu'elle est aujourd'hui.

Quant à ce nom d'*Infusoires* donné aux Microzoaires qui se développent dans les infusions végétales et dans les eaux stagnantes, lesquelles sont des infusions naturelles, son sens a été peu à peu restreint à une certaine famille de ces êtres. Il n'est donc pas absolument juste de reprocher aux premiers observateurs, Müller, Ehrenberg, Dujardin même, cette apparente confusion, qui n'ôte rien de leur valeur à leurs travaux, eu égard surtout à l'imperfection relative des instruments dont ils disposaient; confusion qui tient, d'ailleurs, à ce que les naturalistes qui les ont suivis ont établi des coupes et des subdivisions dans les groupes qu'ils avaient institués, de même que chaque jour les botanistes font de nouvelles subdivisions dans les grandes coupes génériques établies jadis par Linné, l'un des plus admirables classificateurs qui aient jamais existé.

Quoi qu'il en soit, les *Infusoires* des anciens auteurs contenaient des espèces qui, depuis, sont devenues des Desmidiées et des Diatomées (Infusoires végétaux), des Algues et des Protophytes, telles que les Volvociens (que des auteurs modernes conservent d'ailleurs encore parmi les Infusoires vrais); puis des Vibrioniens, qui sont des Protophytes pour les uns, des Infusoires pour les autres, enfin des *Rhizopodes*, des *Rotateurs* ou *Systolides*, et même des *Foraminifères*.

Nous étudierons séparément ces dernières classes, très-voisines d'ailleurs, pour la plupart, des Infusoires vrais et qui font bien évidemment partie, avec ceux-ci, d'un même embranchement organique.

Les Infusoires constituent aujourd'hui une famille très-nombreuse d'animaux microscopiques de formes excessivement variées, dont le corps consiste en une masse gélatineuse plus ou moins dense, mais parfois très-nettement différenciée en organes distincts, masse que Dujardin a désignée sous le nom de *sarcode*. Cette substance albuminoïde, ordinairement incolore, est parfois diversement colorée en vert, bleu, rouge, jaune ou brun ; elle est soluble dans

l'ammoniaque, particularité dont on s'est servi pour distinguer les Infusoires vrais, animaux, qui disparaissent en se dissolvant dans l'ammoniaque, des Infusoires végétaux, zoospores, Protophytes, etc., dont les mouvements sont arrêtés, mais dont la substance n'est pas dissoute dans cet alcali. Après la mort, le sarcode se délaie, se dissout et disparaît, le plus souvent, par diffluence dans l'eau ambiante, ce qui rend à peu près impossible la conservation des Infusoires en préparation de collection.

Ehrenberg décrivait dans les Infusoires des organes nombreux et complexes. Dujardin n'en admettait aucun ; pour lui, l'animalcule n'était qu'une masse de sarcode plus ou moins liquide, prolongée très-souvent en cils vibratiles, en cirrhes ou en longs filaments tentaculiformes appelés *flagellum*, sarcode dans lequel se creusaient, suivant les circonstances, des vacuoles accidentelles n'ayant rien de déterminé ni dans leur forme, ni dans leur position, et dans lesquelles, par exemple, se logeaient les corpuscules absorbés par l'Infusoire pour sa nourriture.

Cette description, exagérée dans un sens autant que celle d'Ehrenberg l'était dans le sens opposé, paraît cependant en grande partie exacte pour un certain nombre de ces petits êtres et presque entièrement vraie pour les Amibes et les Rhizopodes.

C'est qu'en effet, on peut établir une grande division parmi les Infusoires, la première comprend des êtres doués de cils vibratiles, de *cirrhes* et de *soies* qui servent à l'animal pour se mouvoir dans le liquide et, en même temps, pour déterminer un tourbillon qui amène à la bouche les corpuscules dont il fait sa nourriture.

Ces *Infusoires ciliés* ou *Infusoires à tourbillon* (*Microzoa vorticosa*, Fromentel), sont ordinairement doués d'organes plus ou moins compliqués.

La seconde division comprend des animalcules qui ne portent qu'un, deux ou plusieurs filaments allongés, ou *flagellum*, avec lesquels l'Infusoire se dirige en vacillant, et amène la nourriture à la bouche qu'on lui voit quelquefois, mais que le plus souvent on lui devine. Le corps se réduit alors presque toujours à une masse sarcodique, qui change facilement sa forme et dans laquelle on ne distingue guère qu'un seul organe, une *vésicule contractile*. Ce sont

les *Infusoires flagellés* (*Microzoa nutantia*, Fromentel), auxquels il faut joindre les Infusoires *cilio-flagellés*, c'est-à-dire doués à la fois de cils et de flagellums.

C'est parmi ces Infusoires inférieurs que divers auteurs classent les Volvociens, *Volvox*, *Gonium*, *Pandorina*, les *Protococcus*, etc., que nous avons décrits avec les Algues et dont certains, les Protococcus, par exemple, nous ont paru pouvoir être confondus avec les *Monades*, *Chlamydomonades*, *Thécomonades*, *Cercomonades*, etc., que l'on conserve cependant au dernier échelon des Infusoires, où ils confinent aux Vibrioniens d'une part, et de l'autre aux Amibes et aux Rhizopodes.

Le caractère distinctif de tous ces êtres consiste dans la présence, en un certain point du corps, d'une cellule, ou vacuole, qui éprouve un mouvement rhythmique de contraction brusque suivi d'une dilatation lente. Nous avons déjà signalé, dans certaines cellules considérées comme végétales (voir p. 520), l'existence d'une semblable *vésicule contractile*, qui nous paraît le plus sérieux argument fourni en faveur de l'animalité de la cellule.

La vésicule contractile existe chez tous les Infusoires, bien qu'il soit bien souvent très-difficile, disons mieux, impossible, de la voir, soit à cause de l'excessive petitesse de l'animal, soit en raison de la rapidité vertigineuse de ses mouvements. On conçoit, en effet, qu'il faut que l'animal s'agite bien peu pour permettre à l'œil de suivre le jeu de ses organes internes, quand on pense que l'objectif sous lequel on l'examine, s'il grossit seulement 500 fois, multiplie par ce nombre le chemin parcouru dans chacun des mouvements.

Examinons maintenant en détail les différents organes qu'on a pu constater quelquefois d'une manière certaine, souvent d'une manière douteuse, chez les Infusoires, et particulièrement chez les Infusoires ciliés, qui sont le plus complétement organisés.

Le corps de l'Infusoire, formé d'une masse sarcodique, est recouvert par une fine membrane appelée *cuticule* par M. Cohn, et qu'on peut quelquefois mettre en évidence par les réactifs qui contractent la masse intérieure et l'isolent de la couche enveloppante. Tel est l'effet de l'alcool sur les *Kolpodes*, les *Paramécies* et beaucoup d'Infusoires analogues.

Ce tégument prend quelquefois la consistance d'une véritable carapace, comme chez les Kolpodes et les Coleps. Quelquefois il est lisse, mais le plus souvent on le voit marqué de stries ou de ponctuations en lignes longitudinales ou obliques.

Ces stries ou sillons portent ordinairement des rangées de cils très-fins, vibratiles, et, souvent aussi, des cils beaucoup plus gros et plus raides qu'on appelle *cirrhes*, dont le mouvement rapide détermine autour de l'animal un tourbillon qui a pour effet de faire mouvoir l'animal avec une vitesse quelquefois très-grande, et, en même temps, d'amener à sa bouche les corpuscules nutritifs. Souvent encore les Infusoires sont munis de *styles*, de *soies* longues et raides dont les usages sont divers et qui permettent, par exemple, à l'Infusoire de faire des sauts brusques dans le liquide (Infusoires sauteurs, *Halteria*, fig. 216) ; des *cornicules*, cils plus courts, très-forts, larges à la base, pointus à l'extrémité, doués de mouvements indépendants à l'aide desquels l'animal peut marcher sur les corps immergés, par exemple sur le verre du porte-objet, rappelant assez bien l'aspect de certains insectes et particulièrement des Cloportes (Infusoires marcheurs : fig. 209, *Stylonychia ;* fig. 219, *Plœsconia*).

Les cils, les cirrhes, les cornicules, etc., ne sont pas produits par des prolongements de la cuticule, mais ils la traversent et sont insérés au-dessous d'elle sur de petits points brillants, lesquels paraissent des mamelons musculaires, car les différentes ponctuations que l'on remarque, à travers le tégument, sur le corps de la plupart des Infusoires, surtout quand ils se contractent, peuvent être considérés comme les attaches musculaires d'un nombre considérable de fibres dont l'ensemble forme autour du corps de l'animal comme une couche éminemment contractile, comparable au tissu musculaire, et que pour cette raison M. de Fromentel appelle *myose*.

On peut constater l'existence de ces éléments musculaires sur les Infusoires qui ont la propriété de se contracter énergiquement, les *Vorticelles* et les *Stentors*, par exemple.

Les Stentors sont de gros Infusoires qui, à l'état d'extension, ont la forme d'une trompette. Fixé momentanément par sa base, le Stentor ouvre, comme un gouffre, son large pavillon sur le

bord duquel une couronne de cirrhes détermine un tourbillon violent dans lequel se précipitent les corpuscules environnants, corpuscules dont les plus petits pénètrent dans la bouche du monstre microscopique, tandis que les plus gros, s'ils sont jugés indigestes, sont rejetés par une fente qui interrompt la couronne à son milieu. Tout le corps est couvert d'une villosité formée de très-petits cils vibratiles, ondulant comme un champ de blé sous la brise, et l'on voit des séries longitudinales de points qui sont les attaches musculaires et les insertions des cils, points qui deviennent plus saillants encore lorsqu'un choc venant troubler l'Infusoire, il se contracte tout à coup comme une boule en rentrant à l'intérieur sa couronne de cirrhes.

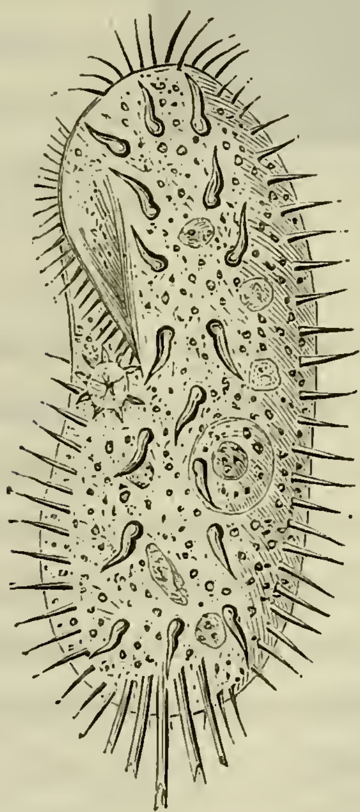


Fig. 209. — *Stylonychia Mytilus.*
Infusoire marcheur et sauteur présentant des cirrhes autour de la bouche, des soies et des styles autour du corps et à partie postérieure, des cornicules à la surface. Longueur 0mm,155, largeur 0mm,066.

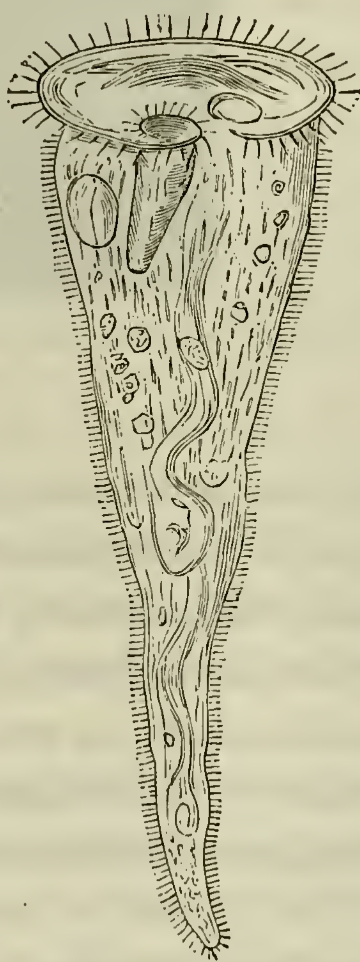


Fig. 210. — *Stentor polymorphus* en extension.
Longueur 0mm,240.

Mais les insertions musculaires se manifestent encore plus visiblement sur les Vorticelles qui paraissent de charmantes petites fleurs en forme de clochette, d'urne ou de chapeau, dressées à l'extrémité d'un pédoncule et formant par leur réunion un élégant petit bou-

quet. Comme les Stentors, d'ailleurs, les Vorticelles déterminent un tourbillon par le mouvement ondulatoire d'une couronne de cirrhes buccaux. Mais non-seulement le corps de l'Infusoire est

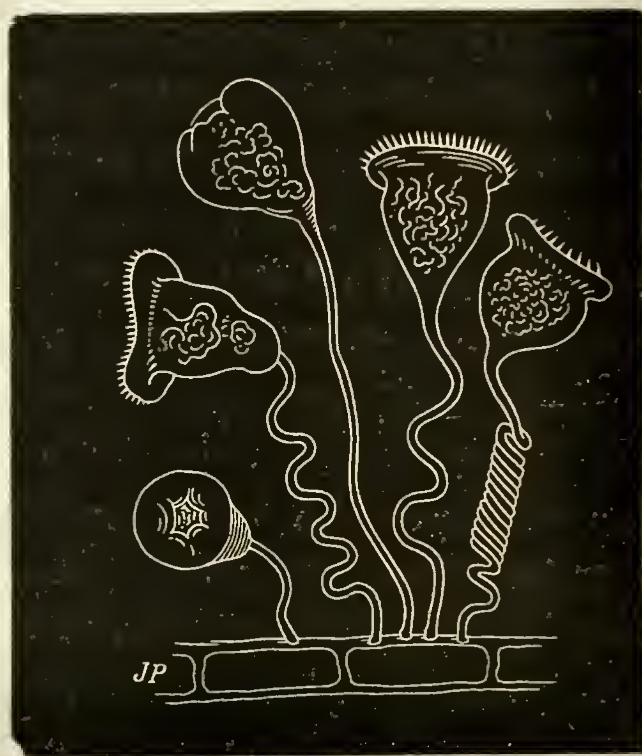


Fig. 211. — Groupe de Vorticelles (*Vorticella Convallaria*), à divers degrés de développement et de contraction.

contractile, son pédoncule l'est aussi. Formé par le prolongement du tégument, il paraît constitué comme un tube creux dans l'intérieur duquel les insertions de la myose se font suivant une spirale. D'où il résulte qu'en se contractant le pédoncule se resserre et se raccourcit, comme un ressort à boudin. Dans d'autres espèces, les insertions se font en ligne droite, mais successivement sur les deux côtés opposés du tube qui, par la contraction, se raccourcit en zigzag.

Il est bien plus difficile, pour ne pas dire impossible, de mettre en évidence la présence de la myose chez les Infusoires inférieurs, ou pour mieux dire, plus petits, et munis seulement d'un ou de plusieurs de ces longs appendices filamenteux qui sont doués d'un mouvement ondulatoire plus ou moins rapide et que nous avons appelés *flagellum*.

Mais, outre les organes appendiculaires dont nous avons parlé, on peut presque toujours reconnaître chez les Infusoires ciliés la position occupée par la bouche, laquelle est ordinairement garnie de

cirrhes disposés soit en cercle interrompu en un point de sa circonférence, pour se prolonger en une ligne spirale entourant l'orifice buccal, comme dans les *Vorticelles*, les *Stentors*, soit en rangées à peu près droites, dirigées plus ou moins obliquement à la surface du corps. La bouche, en effet, peut être située à l'extrémité antérieure de l'individu, comme chez ces mêmes Vorticelliens où elle est placée dans le pavillon, soit obliquement, soit à la partie moyenne du corps, comme dans le *Stylonychia mytilus* (fig. 209) et la plupart des Infusoires qui ne sont pas fixés. Sur ceux qui présentent une certaine taille, comme le *Stylonychia*, on peut voir avec quelle admirable adresse ces animalcules se servent de leurs cirrhes buccaux pour palper, retourner, *manier*, avant de les avaler ou de les rejeter, les corps un peu volumineux qui sont amenés devant leur bouche. Nous avons vu ainsi des Infusoires saisir et palper des filaments d'Oscillaires, comme ferait un écureuil avec ses pieds de devant, retournant la petite plante dans tous les sens, la rejetant, la reprenant jusqu'à ce qu'ils aient trouvé le sens convenable pour l'engloutir.

Dans des cas semblables, il est facile de suivre le trajet du corpuscule avalé dans l'estomac de l'Infusoire, et l'on peut rendre cette observation plus commode encore en délayant un peu de carmin, finement broyé, dans l'eau habitée par les Infusoires qui avalent les granules de la matière colorante, et teignent ainsi en rouge l'intérieur de leur canal digestif.

On peut constater, de cette manière, qu'immédiatement au-dessous de l'ouverture buccale, qu'on distingue au centre de la spirale des cirrhes chez les Vorticelliens, ou dans la fosse déterminée par la rangée oblique dans les autres Infusoires ciliés, règne un conduit plus ou moins large et long qu'on peut appeler œsophage (fig. 210, 227), mais dont on perd presque toujours bientôt la trace, dans le corps de l'Infusoire. Dans cet œsophage, on voit se former peu à peu un amas de matières, un bol alimentaire, qui prend une forme arrondie, et qui, à un certain moment, est dégluti, et dès lors, parcourt un trajet plus ou moins long et sinueux dans le corps de l'animalcule dont il fait quelquefois, pour ainsi dire le tour entier, pour aller sortir en un point souvent très-rapproché de la bouche et qui est

un anus (Vorticelles). Dans le *Stylonychia mytilus*, l'anus est à l'extrémité inférieure du corps, entre des styles raides et pénicillés dont la fonction peut être de faciliter la sortie des fécès (fig. 209).

Bien qu'on puisse suivre le trajet du bol alimentaire, qui bientôt est poussé en avant par un second, et celui-ci par un troisième et ainsi de suite, nous ne croyons pas qu'aucun observateur puisse affirmer avoir vu chez les Infusoires un tube digestif à parois distinctes. Les aliments suivent pourtant un trajet toujours le même, et il est très-probable que ce trajet est limité par des parois qui s'écartent devant le bol alimentaire et se referment derrière lui. On ne peut rien voir de semblable chez les Infusoires cilio-flagellés, *Ceratium*, *Dinophysis*, *Perinidium*, etc., non plus que chez les Infusoires flagellés, *Euglena*, *Cryptoglena*, *Monas*, etc., chez qui on ne distingue guère que la vésicule contractile, et quelquefois un sillon situé à la base des appendices flagelliformes, sillon dans lequel, comme nous l'avons dit, on devine, plutôt qu'on ne voit, une bouche.

Quant à la vésicule contractile, elle constitue un appareil très-important dans lequel on s'accorde à reconnaître un organe de circulation, un cœur. En effet, si on l'examine sur un Infusoire de grande taille, une Paramécie, un Kolpode ou un autre animal voisin (fig. 209), on ne tarde pas à apercevoir que cette vésicule est entourée d'autres petites vacuoles allongées qui se dilatent au moment où la vésicule se contracte, ce qui indique que le liquide contenu dans cette dernière est chassé par sa systole dans les vacuoles environnantes, lesquelles se referment peu à peu, comme si le liquide qu'elles ont reçu s'écoulait dans des vaisseaux qui y prendraient leur origine. Mais comment le circuit se ferme-t-il, comment le liquide nourricier, le sang, si l'on veut, revient-il à la vésicule contractile, qui se dilate lentement pour se contracter subitement, comme sous l'action d'un sphincter ? C'est ce que l'on ignore, et même la supposition d'un système vasculaire, ou plutôt lacunaire, n'est encore qu'une hypothèse, probable, il est vrai, d'après ce qu'un examen patient révèle dans la structure des grands Infusoires, mais il faut avouer qu'on ne peut guère reconnaître avec un peu de certitude que les premières ramifications formées par les vacuoles. Chez

un grand nombre d'Infusoires, on remarque deux, trois vésicules contractiles (*punctum saliens*) et même davantage (fig. 212). Ces différents centres circulatoires se renvoient-ils les uns aux autres le liquide qui les remplit? C'est encore là une question dont la solution nous manque.

Il est remarquable, d'autre part, que la vésicule contractile est toujours très-superficielle, et même on peut observer parfois qu'elle forme une petite saillie sur les téguments. Sa paroi est, en ce point, excessivement mince, ce qui a porté M. de Fromentel à penser que, peut-être, il s'établit, là, à travers la fine membrane, une action de l'air dissous dans l'eau sur le liquide intravésiculaire, une hématose, en un mot. La vésicule pourrait ainsi être, à la fois, un organe de circulation et de respiration. L'action de l'air est, en effet, nécessaire aux Infusoires; transportés dans de l'eau privée d'air par l'ébullition, ils ne tardent pas à périr.

Enfin, dans la masse sarcodique qui compose le corps de l'Infusoire, on peut observer avec un bon instrument, avec beaucoup d'attention et surtout de patience, un corpuscule qu'on appelle le noyau, lequel, quelquefois, contient un nucléole, mais le nucléole forme plus souvent un point distinct plus ou moins éloigné du noyau. C'est dans le noyau que M. Balbiani voit un organe de reproduction femelle, tandis que le nucléole est un organe mâle.

Il est certain, en effet, que le noyau joue un grand rôle dans la reproduction des Infusoires. Cette reproduction se fait de deux manières; par division binaire longitudinale ou oblique, et, bien plus souvent, transversale, ce qui a été observé depuis longtemps, et ce qui est le mode le plus fréquent de multiplication; par copulation, ainsi que l'a démontré M. Balbiani sur quelques grands Infusoires de la famille des Paraméciens.

La division longitudinale est rare et s'observe facilement sur les Vorticelles. On voit le disque vibratile se partager en deux lobes, et le corps de l'animalcule s'étrangler suivant sa longueur. Une des moitiés conserve sa vésicule contractile, l'autre moitié s'en forme bientôt une, mais le noyau se partage entre les deux individus, dont la division se complète rapidement, et chacun se met bientôt à agiter les cils de son disque vibratile. Cependant une couronne

de cils particuliers se forme, dans un repli, *à la base* de la jeune Vorticelle qui bientôt se sépare de sa voisine, s'en va en tournant rapidement autour de son axe, *à reculons*, grâce à ces cils vibratiles, et, après des évolutions capricieuses dans le liquide, se fixe par cette même base sur un corps solide. Les cils de la base tombent bientôt, et l'on voit, de quart d'heure en quart d'heure, s'allonger son pédoncule qui d'après M. de Fromental croît dans la proportion de $0^{m},002$ par 24 heures, ce qui est à peu près la vitesse de la croissance de la barbe chez l'homme.

Dans la division oblique (*Stentor*) la ligne de séparation part de l'un des angles du pavillon et traverse le corps en écharpe, pour aboutir vers le milieu de sa hauteur, du côté opposé, et c'est sur cette ligne que se forme le disque de cils vibratiles du Stentor inférieur. Quant à la division transversale, elle est très-facile à observer et elle présente cette particularité, dans les espèces qui ont, comme le *Chilodon cucullulus*, deux vésicules contractiles, l'une inférieure, l'autre supérieure, que chacun des deux individus conserve une des vésicules préexistantes et s'en forme une seconde (fig. 212).

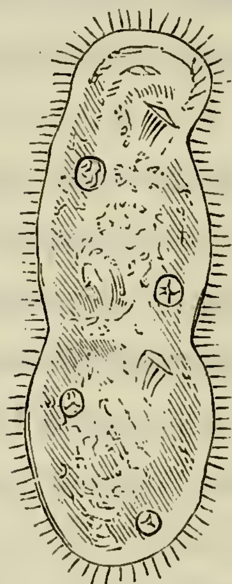


Fig. 212. — *Chilodon cucullulus* en voie de division.

On voit les deux bouches en forme de nasse des deux individus en voie de séparation. Les deux vésicules contractiles extrêmes, en haut à gauche, en bas à droite, existaient dans l'individu primitif; les deux vésicules moyennes, droite et gauche, sont de récente formation (obj. 1/25 de p. Zeiss, ocul. 2).

Quant aux phénomènes qui s'accomplissent dans le partage des organes digestifs du premier individu entre les deux animalcules résultant de la division, on est encore dans l'ignorance à ce sujet; et bien évidemment, d'ailleurs, ce partage doit se faire dans des conditions différentes suivant le sens de la fissiparité.

Mais ce qu'on sait, c'est que ce mode de propagation est très-rapide; on peut en suivre les progrès à vue d'œil, et en deux heures, par exemple, une Vorticelle peut s'être divisée, le jeune individu s'être séparé du pédoncule, avoir fait toutes ses petites évolutions en liberté, à l'aide des cils *adventifs* de sa base (elle nage alors la base en avant et le disque

vibratile rétracté en arrière) et s'être fixée sur un corps solide pour y développer son pédoncule. Ehrenberg a calculé qu'un seul *Paramecium* peut, dans des circonstances favorables, donner naissance par fissiparité à 268,000,000 de Paramécies en un mois.

La reproduction sexuée s'opère, d'après M. Balbiani, de la manière suivante :

Dans un *Paramecium Aurelia*, par exemple, on remarque au moment de la reproduction un noyau assez volumineux, qui est un ovaire, composé de granulations qui sont des ovules. Le nucléole est, au contraire, un testicule dans lequel se développent de petits corps semblant des filaments recourbés, que M. Balbiani considère comme des spermatozoïdes. Néanmoins, la Paramécie contenant les organes mâles et femelles ne peut se féconder elle-même, mais elle se joint à un autre individu de la même espèce et s'attache à lui. Les extrémités des deux individus sont dirigées dans le même sens et les deux bouches sont fixées l'une sur l'autre. Ainsi accouplées, les deux Paramécies nagent ensemble pendant cinq ou six jours. Pendant ce temps les cellules spermatiques se segmentent, une double fécondation s'opère, sans doute, par le canal que nous avons appelé œsophage, et la cellule ovarienne se segmente, à son tour, en plusieurs autres petits noyaux nucléolés qui restent réunis sur une sorte de tube ou d'axe plus ou moins sinueux, dont ils finissent par se séparer en même temps que les individus accouplés. Ces noyaux nucléolés sont des œufs dans lesquels il semble qu'on peut suivre le développement du vitellus, la formation d'une tache germinative, et qui, enfin, sont expulsés, au nombre de 2, 4 ou 8, sans doute par l'orifice buccal. Quant à l'éclosion des œufs, elle n'a pas pu être observée, mais il est possible qu'ils ne donnent pas naissance immédiatement à un être semblable ; il est possible qu'il en sorte des larves qui ne prendront que plus tard la forme des parents. — Ehrenberg avait déjà signalé l'existence de ces Infusoires larves, et M. J. Haime a décrit les transformations qu'éprouve le *Trichoda Lyncœus* à la suite d'un enkystement. Cet Infusoire produit d'abord, par division transversale, des individus semblables à lui ; mais, parmi ceux-ci, il en est qui s'immobilisent, sécrètent autour d'eux une membrane

dans laquelle ils s'enferment, forment ainsi une cellule close ou kyste qui, après divers changements d'aspect, donne issue à un Infusoire très-différent du *Trichoda*, beaucoup plus petit, Infusoire marcheur, que l'on range ordinairement dans un genre distinct : *Oxytricha*.

Cette propriété de s'enkyster n'appartient pas d'ailleurs au seul *Trichoda*, on l'observe chez tous les Infusoires, qui paraissent avoir recours à ce moyen de conservation quand les circonstances où ils se trouvent deviennent défavorables, par exemple, quand l'eau vient à leur manquer. Ce serait donc là, comme nous le disions, un moyen de conservation et même de propagation, car si un marais vient à se dessécher, la plupart des Infusoires qui le peuplaient s'enkystent et peuvent, dans cet état, braver pendant longtemps les intempéries. Les vents les emportent, soit isolément, soit fixés sur les corps légers auxquels ils s'attachent, et va les semer au loin où ils peuvent trouver des conditions meilleures, tandis que d'autres attendent sur place le retour de l'humidité.

Mais si, pendant ce temps, survient un naturaliste qui recueille les herbes desséchées de ce marais et les place dans un vase plein d'eau, les Infusoires qui s'y sont fixés rompent leurs kystes et apparaissent bientôt par milliers dans l'infusion, ou la macération, où ils ne se sont pas formés par génération spontanée mais où ils ont seulement repris une activité momentanément suspendue.

Pour terminer ce tableau résumé de l'organisation des Infusoires, nous n'avons plus qu'un mot à ajouter. Ces mouvements si variés dont sont doués ces admirables animalcules sont-ils des mouvements spontanés et voulus, ou bien sont-ils purement automatiques, tels, par exemple, que ceux des cellules de l'épithélium vibratile le long des voies aériennes chez les animaux vertébrés et chez l'homme, en particulier? Bien des naturalistes ont tranché cette question en affirmant que les Infusoires n'exécutent aucun mouvement réfléchi, car, pour admettre qu'ils aient conscience de leurs actes, il faudrait leur reconnaître un système nerveux quelconque. Or, bien qu'Ehrenberg ait décrit cet appareil nerveux, il faut avouer que l'imagination féconde du célèbre micrographe a vu, en ceci, plus de choses que ses yeux. Nous ne sommes

aujourd'hui autorisés à désigner, spécialement et certainement, comme un centre nerveux aucune des différentes parties du corps des Infusoires. Et cependant, il est absolument impossible pour quiconque les a examinés avec attention, a étudié leur vie et leurs *mœurs*, les a vus chassant dans les eaux qu'ils habitent, se rassemblant, s'évitant, se poursuivant, se réfugiant sous des abris protecteurs, scrutant les anfractuosités des corps submergés, sur lesquels ils vont, viennent, courent, s'arrêtent, choisissant tel aliment, le palpant, le retournant pour l'avaler plus à l'aise ; il est impossible, disons-nous, de méconnaître que tous ces actes sont parfaitement réglés et voulus, au même titre que ceux de n'importe quel animal. Et, quant au système nerveux, la seule chose certaine c'est qu'on ne l'a pas vu, ce qui ne signifie pas du tout qu'il n'existe pas. L'étrange histoire de ces êtres va chaque jour en se perfectionnant, grâce aux progrès incessants de ce merveilleux instrument qu'on appelle le microscope, et nous ne désespérons pas qu'un jour viendra où l'on reconnaîtra dans ces atomes vivants, que Linnée confondait sous le nom de *chaos*, les organes nécessaires et suffisants pour expliquer tous leurs actes et toutes leur fonctions (1).

II. — Description de quelques espèces.

Nous avons à donner maintenant d'une manière succincte, la description de quelques-unes des espèces d'Infusoires qu'on rencontre le plus fréquemment ou qui sont le plus faciles à étudier.

Nous avons dit qu'on divise cette classe en deux groupes : Les INFUSOIRES OSCILLANTS (*I. nutantia*, de Fromentel) et les INFUSOIRES A TOURBILLON OU CILIÉS (*I. vorticosa*, Fr.).

Les Infusoires oscillants comprennent eux-mêmes les **Flagellés**, c'est-à-dire ceux chez qui on n'observe qu'un ou plusieurs flagellums, mais pas de cils vibratiles, et les **Cilio-flagellés**, chez qui on

(1) La sensibilité des Infusoires est très-prononcée ; car, au moindre contact, ceux qui sont contractiles se contractent avec énergie, ou même lorsqu'on imprime un choc ou une secousse au porte-objet. Beaucoup d'Infusoires flagellés portent à la partie antérieure du corps, un *point oculaire* rouge, désigné comme un œil par Ehrenberg, mais qui ne paraît, chez ces êtres, qu'une tache pigmentaire, quoique dans les *Rotateurs* il est aujourd'hui certain que ces points représentent des yeux rudimentaires

reconnaît, outre les flagellums, un plus ou moins grand nombre de cils.

Le groupe des Flagellés reste peu nombreux en genres et en espèces, si l'on en distrait les Volvociens, considérés comme des végétaux, sans compter que les Monadiens sont souvent rangés aussi parmi les Algues inférieures, ainsi que nous l'avons vu en traitant des *Protococcus* (voir p. 517 et suiv.).

Ces Infusoires, *Monas*, *Cryptomonas*, *Cercomonas*, etc., sont excessivement petits. La plupart se forment en grand nombre avec les Bactéries et les Vibrions à la surface des Infusions; leur corps est arrondi et muni d'un ou de deux flagellums, à la base desquels on peut distinguer quelquefois une petite ligne qui représente la bouche. Beaucoup d'entre eux sont dépourvus de tout appendice, et ce ne peut être que par extension que ces corpuscules animés sont classés parmi les Flagellés.

En délayant un peu de carmin dans l'eau où ils s'agitent, on constate parfois, dans leur intérieur, une ou deux vacuoles dans lesquelles ont pénétré des particules très-ténues de matière colorante. Ils sont d'ailleurs munis d'une vésicule contractile et se reproduisent par division.

Tels sont les *Monas atomus*, *M. lens*, *M. guttula*, etc. : on les trouve pendant l'été dans l'eau pure, même dans l'eau de mer, et dans tous les détritus. Les *Cercomonas* ont le corps allongé et comme prolongé en queue avec un long flagellum en avant. On les rencontre non-seulement dans les infusions, mais dans les liquides animaux et particulièrement dans les mucus intestinaux.

Les *Euglena* sont plus volumineux. Ils sont presque toujours colorés en vert par de la chlorophylle, aussi beaucoup de botanistes les réclament-ils comme faisant partie de leur domaine. L'*Euglena viridis* est très-répandu dans les eaux stagnantes, et on le trouve presque toujours mêlé aux Oscillaires, aux Palmellées et aux Desmidiées. Son corps pyriforme se déprime, s'allonge et se contourne facilement; on lui signale un point rouge à la base du flagellum long et onduleux avec lequel il se dirige et palpe les corps étrangers (fig. 213).

Quant aux *Cryptomonas*, *Chlamydomonas*, etc., nous les avons

décrits à propos des Volvoces, et, qu'ils aient un ou deux flagellums, ils nous paraissent absolument identiques à ces espèces très-probablement végétales. L'ammoniaque dissout le flagellum et non le corps, mais arrête les mouvements.

Il est certain, d'autre part, qu'on a classé beaucoup de zoospores parmi ces Infusoires inférieurs.

Les **Cilio-flagellés** sont un peu plus compliqués dans leur structure et sont souvent (à l'état adulte) munis d'une coque, comme les *Clamydomonas*, etc., mais cette coque ou cuirasse est composée de deux valves, égales ou inégales, souvent prolongées en cornes plus ou moins grandes. Ils portent un ou plusieurs flagellums et une ou plusieurs rangées de cils vibratiles. Tel est le *Dinophysis ovata* qui est un Infusoire marin. Leur taille maximum paraît être de $0^{mm},07$. On leur distingue un noyau, mais, à ce que nous croyons, on n'a pas encore constaté la position de la vésicule contractile.



Fig. 213. — *Euglena* ou *Bodo viridis*.



Fig. 214. — *Dinophysis ovata*.

Les Infusoires ciliés sont infiniment plus intéressants, grâce à la complication relative de leur organisation que nous avons décrite. Un grand nombre d'entre eux se distinguent immédiatement par leur forme en cloche, en urne ou en trompette dont les bords sont frangés d'une couronne de cirrhes formant un disque vibratile. Le mouvement de ces cirrhes détermine un violent tourbillon qui amène les corpuscules nutritifs à la bouche de l'Infusoire située dans le cercle des cirrhes. En même temps, ces animaux sont doués d'une extrême contractilité qui leur permet de replier leurs cirrhes en de-

dans du cercle et de contracter celui-ci comme par l'effet d'un sphincter ; puis, le corps se contractant lui-même en forme de boule, cet organe, rentrant comme un doigt de gant, vient occuper à peu près le milieu de la masse interne, tandis que la vésicule contractile et les organes digestifs s'enfoncent plus profondément vers la partie inférieure du corps. Les Infusoires ainsi conformés composent les trois familles suivantes :

Les **Vorticelliens**, qui sont nus, mais fixés sur un pédoncule simple ou ramifié

Les **Vaginicoliens**, fixés aussi sur les corps solides, mais habitant une coque dans laquelle ils se renfoncent en se contractant, comme dans une gaîne ;

Les **Stentoriens**, qui n'ont ni pédoncule, ni coque, peuvent aller et venir librement dans le liquide, mais peuvent aussi se fixer à volonté, par leur extrémité inférieure, sur les corps submergés.

Parmi les Vorticelliens, nous citerons d'abord les Vorticelles (*Vorticella convallaria*, *microstoma*, *nebulifera*, etc.), que l'on trouve, en été, sur les plantes aquatiques dans toutes les eaux stagnantes et qui se forment aussi dans les infusions, où elles disparaissent, en général, assez rapidement. Leur pédoncule est simple et se contracte le plus souvent en spirale (fig. 211). Elles se prêtent, en raison de leur immobilité, mieux que la plupart des autres Infusoires à une étude qui permet de reconnaître la position des organes. L'anus est placé non loin de la bouche, dans l'intérieur du cercle formé par la couronne des cirrhes. Le mouvement de ces cirrhes donne au disque l'apparence d'une roue dentée qui tourne, apparence que l'on s'explique très-bien en admettant que tous les cirrhes s'infléchissent successivement dans le même sens, ayant pour ainsi dire l'air de courir les uns après les autres, comme les épis d'un champ de blé ou les vagues de la mer sous l'effort du vent.

A de certains moments, les Vorticelles peuvent quitter leur point d'attache et nager très-rapidement à l'aide de leur disque vibratile qui leur imprime un mouvement de rotation autour de leur axe longitudinal.

Les *Carchesium* et les *Zoothamnium* ont le pédoncule ramifié, mais chez les premiers il y a indépendance entre les individus et

leur rameau de pédoncule ; chacun peut se contracter, lui et son pédoncule, isolément, tandis que chez les seconds il y a solidarité dans la contraction de tous les rameaux du pédoncule et de tous les individus qui composent la famille : le pédoncule et ses rameaux sont parcourus par un même muscle, se relâchent et se contractent en même temps. Les *Epistylis* peuvent contracter leur corps, et même envaginer d'une certaine quantité le sommet du pédoncule. Ce dernier n'est pas contractile. Les *Gerda* et les *Scyphydia* sont, pour ainsi dire, des Vorticelles sessiles. Ils sont fixés par leur extrémité inférieure, ou par une attache très-courte, mais sans pédoncule. Leur corps est plus allongé et cylindrique que celui des Vorticelles.

Parmi les **Vaginicoliens,** nous trouvons les *Ophrydium* qui n'ont pas de coque proprement dite, mais forment des familles qui se réfugient, en se contractant, dans une masse gélatineuse commune. Les *Lagenophrys*, *Cothurnia*, *Vaginicola* habitent au contraire une sorte de tube, tantôt jaunâtre, tantôt hyalin, formée sans doute par une sécrétion de l'animal et dans laquelle les premiers sont libres, tandis que les autres sont fixés dans l'intérieur de la coque, laquelle est elle-même attachée aux corps solides, tantôt par le flanc (*Vaginicola*), tantôt par le fond (*Cothurnia*). Les *Tintinnus* ressemblent sous ce rapport aux *Vaginicola*, mais leur corps est en entier couvert de cils vibratiles en continuel mouvement d'ondulation. On rencontre souvent le *Tintinnus inquilinus* se promenant avec sa coque dans laquelle reste invaginée son extrémité inférieure allongée comme un pédicule.

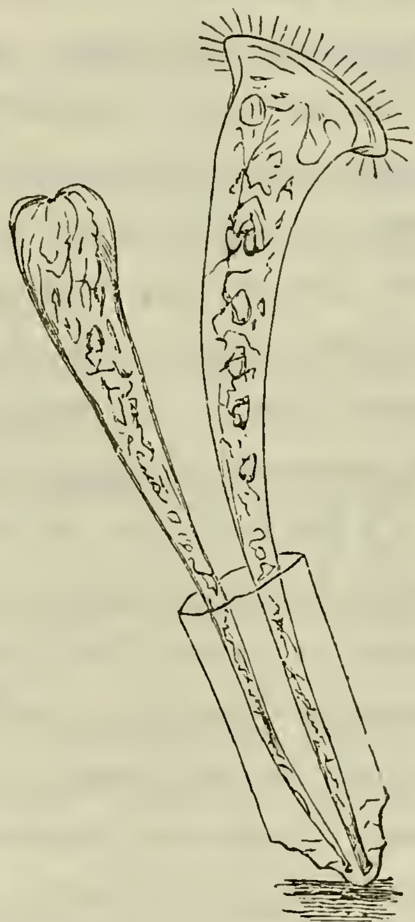


Fig. 215. — *Cothurnia.*

Deux individus dans une même coque tubulaire hyaline, l'un en extension, l'autre en contraction. Longueur 0mm,288 (obj. 8 Hartnack et Prazm., oc. 3).

Les **Stentoriens** nous présentent, comme genre le plus remarquable, les Stentors dont la taille peut atteindre jusqu'à près d'un quart de millimètre et qui deviennent alors visibles à l'œil nu. Ils

sont souvent colorés en vert, en bleu ou en brun, et nagent avec rapidité en ouvrant, comme un entonnoir, leur vaste péristome couronné de son rang de cirrhes buccaux. Ils tournent alors autour de leur axe longitudinal et ont l'aspect d'un sac qui courrait tout grand ouvert. Si le liquide dans lequel ils sont plongés ne leur convient pas, ils ferment leur péristome, mais continuent à nager, en avant ou à reculons, à l'aide des cils vibratiles dont tout leur corps est couvert. Enfin, si un certain poste leur paraît favorable, par exemple la bifurcation des deux rameaux d'une plante aquatique, ils s'y fixent par leur extrémité postérieure et développent leur disque buccal qui détermine un violent tourbillon. Le corps de l'animal s'allonge alors considérablement et il représente exactement une trompette dont le pavillon s'infléchit et se contourne par moments, pour mieux absorber les particules flottantes que la couronne de ces cirrhes, interrompue pour se continuer en spirale, conduit à l'orifice béant de la bouche. Au moindre choc, l'animal se contracte tout à coup sous forme d'une boule qui, bientôt, se développe de nouveau, s'allonge et r'ouvre son entonnoir (fig. 210).

Ce bel Infusoire est très-commun dans les étangs et les bassins (1), mais il n'en est plus de même d'une espèce très-curieuse appartenant au genre *Trichodina*, le *Tr. mitra;* celui-ci est très-court, presque discoïde, muni d'un disque vibratile de cirrhes buccaux, autour du péristome, et d'un second disque analogue autour de sa base. Ce dernier organe rappelle la couronne de cils vibratiles adventifs qui se forme à la base des jeunes Vorticelles issues de division, lorsqu'elles se séparent de la Vorticelle primitive, pour aller s'établir plus loin. Chez les *Trichodina*, ce disque persiste et sert à l'Infusoire non-seulement pour nager, mais encore pour courir sur les plantes, et les animaux aquatiques. On les trouve, en effet, vivant

(1) Nous l'avons trouvé en grande abondance, pendant le printemps et l'été, dans les bassins de l'École de Botanique au Muséum de Paris, notamment dans le bassin plein de *Chara* et de Conferves qui se trouve à peu près à la hauteur de la famille des Liliacées. On peut d'ailleurs se le procurer en toute saison chez M. P. Carbonnier pisciculteur bien connu (10, quai du Louvre, à Paris) qui le conserve et l'élève, pour ainsi dire, dans ses aquariums, ainsi que beaucoup d'autres Infusoires et des Rotateurs, pour la nourriture des jeunes alevins des curieux poissons indiens et chinois dont il a obtenu si heureusement la reproduction en aquarium (Voir les *Bulletins de la Société d'acclimatation*, années 1872, 1874 et 1876).

comme en parasites sur les branchies et même dans l'intestin des poissons.

Tous les Infusoires ciliés appartenant aux autres familles ont le corps à peu près rigide, ou bien, s'ils sont contractiles, ne peuvent faire rentrer les organes buccaux dans l'intérieur de la masse du corps, ces organes restant toujours à l'extérieur. Ils déterminent d'ailleurs un tourbillon, comme les précédents, par le mouvement de leurs cirrhes buccaux. M. de Fromentel les divise en 7 familles :

Les **Haltériens** qui ont une couronne de cirrhes buccaux et le corps glabre ;

Les **Kéroniens,** qui n'ont pas de couronne, mais sont munis de cirrhes pour la nage et pour la marche ;

Les **Nassuliens,** sans couronne, nagent seulement, mais sont munis d'une sorte d'appareil dentaire autour de la bouche et de l'œsophage ;

Les **Erviliens,** sans couronne buccale, nageurs seulement, sans appareil dentaire, mais munis d'un pied spécial ;

Les **Lacrymariens,** sans couronne, nageurs, sans dents, ni pied, mais ayant le corps très-contractile ;

Les **Paraméciens,** qui ont les mêmes caractères, mais dont le corps n'est pas contractile ;

Les **Colépiens,** comprenant le seul genre *Coleps* qui se distingue aussitôt de tous les précédents, parce que le corps de l'animal est recouvert d'une cuirasse solide.

Parmi les Haltériens, nous trouvons un genre très-commun, les *Halteria*, dont le corps, arrondi, est couronné par un cercle de cirrhes buccaux et entouré comme d'une ceinture de longs cils avec lesquels ils exécutent de véritables sauts dans le liquide, ce qui rend leur étude très-fatigante sous le microscope. Tels sont les *H. grandinella*, *H. pulex*, que l'on rencontre dans presque toutes les infusions végétales (fig. 216).

Les Kéroniens renferment beaucoup de genres très-importants chez lesquels on trouve des cirrhes pour la natation et des cornicules pour la marche, tels sont les *Kerona;* d'autres possèdent même ces soies raides, souvent frangées à leur extrémité et que nous avons désignées sous le nom de styles, tels sont les *Stylonychia.*

Les *Oxytricha*, au contraire, ne portent que des cirrhes. Le corps de tous ces Infusoires est plus ou moins allongé, ellipsoïde, quelquefois triangulaire, aplati. Leur bouche est bordée de cirrhes et située dans une sorte de fosse qui coupe, dans une direction plus ou moins oblique, la moitié antérieure du corps (*Stylonychia Mytilus*, *Oxytricha crassa*, fig. 209 et 217).

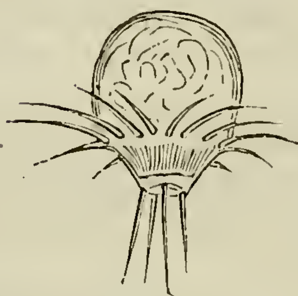


Fig. 216. — *Halteria grandinella.*

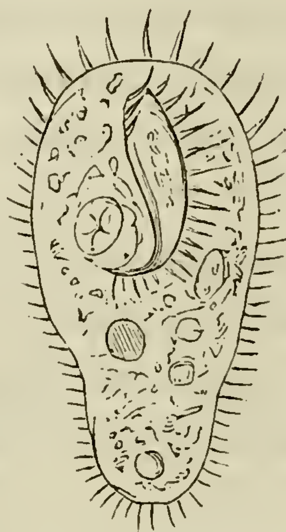


Fig. 217. — *Oxytricha crassa* *.

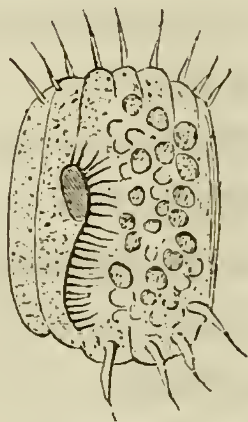


Fig. 218. — *Plœconia Cithara*, de face.

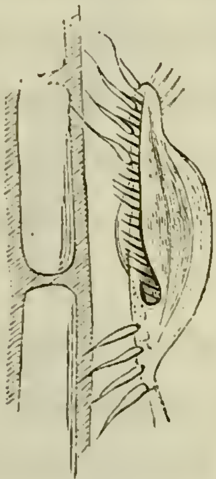
* Cet exemplaire montre bien la vésicule contractile avec ses plis étoilés, très-visibles surtout dans les premiers instants de la systole (obj. 1/10 p. Beck).

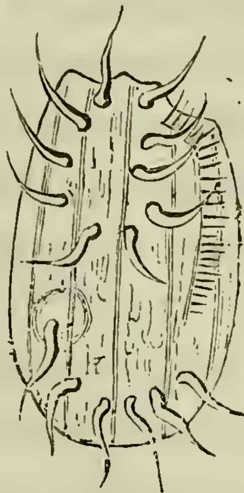
Souvent aussi leur corps est plus étroit au milieu qu'au deux extrémités, ou bien il forme, en avant, comme une sorte de col (*Stichochæta*) ou, en arrière, une sorte de queue (*Oxytricha caudata*). Vus de profil, lorsque ceux qui sont munis de cornicules marchent sur les corps solides, dont ils paraissent inspecter tous les recoins, ils ressemblent à un insecte ou à un petit crustacé isopode, un Cloporte par exemple (fig. 219).

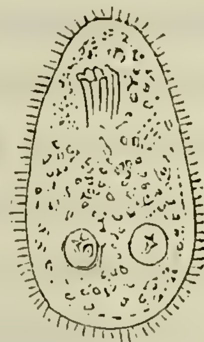
D'autres ont le tégument épaissi et formant comme une sorte de cuirasse, bien que ce n'en soit pas une à proprement parler, car ce tégument endurci tombe en diffluence, comme le reste du corps, après la mort de l'animalcule. Tels sont les *Campylopus*, qui ont des cirrhes en avant (cirrhes frontaux), mais pas de cornicules pour marcher, les *Plœsconia* qui ont des cirrhes frontaux et des cornicules, les *Euplotes* et les *Schizopus* qui ont cirrhes, cornicules et styles. Les *Aspidisca* n'ont pas de cirrhes frontaux (fig. 218, 219 et 220).

Les **Nassuliens** qui comprennent les *Trichodon*, *Prorodon*, *Chi-*

lodon, *Nassula*, etc., sont remarquables par un appareil particulier placé à l'orifice buccal, et qui paraît formé par des bâtonnets disposés en forme de nasse. Cet organe est très-dilatable, et semble dentelé à son orifice antérieur ou externe par les extrémités saillantes des bâtonnets. Tels sont le *Chilodon cucullulus* dont nous

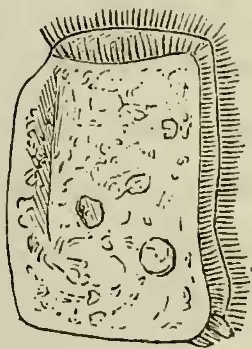

Fig. 219. — *Plœsconia Cithara*, de profil.


Fig. 220. — *Aspidisca lynceus*.


Fig. 221. — *Nassula flava*.

avons déjà parlé (fig. 212), le *Nassula flava* (fig. 221), etc. La forme de leur corps est d'ailleurs très-variable, mais l'organe particulier dont leur bouche est toujours munie suffit pour faire distinguer, de tous les autres, ces Infusoires, dont plusieurs sont très-communs.

Les **Erviliens** (*Dystériens* de Claparède et Lachmann) renferment un petit nombre de genres et d'espèces composés d'animalcules dont le tégument est, le plus souvent, épaissi en cuirasse formant deux valves ; mais le caractère particulier qui les distingue est un appendice, faisant fonction de pied, avec lequel l'Infusoire peut se fixer. Tels sont l'*Huxleya crassa*, espèce sans cuirasse que l'on trouve dans l'eau de mer et dans les eaux saumâtres, et l'*Ægiria legumen*, espèce cuirassée, à deux valves, qui vit dans les eaux douces et qui ressemble à une gousse de légumineuse (fig. 222).


Fig. 222. — *Ægiria legumen*.

Les **Lacrymariens** forment, au contraire, une innombrable famille composée d'Infusoires très-souvent de grande taille et d'une observation facile. Tous ces animalcules ont le corps très-contractile et sont capables de s'allonger, de s'infléchir, de se contourner, de se

raccourcir, mais sans pouvoir, toutefois, comme les Vorticelles, les Stentors, etc., faire rentrer à l'intérieur les organes externes. Leur tégument est marqué de sillons longitudinaux ou obliques, régulièrement disposés, correspondant à des fibres musculaires, et les rangées de cils vibratiles suivent les mêmes dispositions. Il en résulte que les espèces dont les sillons et les rangées ciliaires sont obliques ou spirales nagent en tournant autour de leur axe, tandis que celles dont les rangées ciliaires sont longitudinales nagent sans tourner sur elles-mêmes; celles-ci ont ordinairement le corps aplati, tandis que les premières ont une forme plus cylindrique, comme les *Lacrymaria* et les *Phialina*.

Les *Lacrymaria* sont des Infusoires dont le *L. olor*, très-répandus dans les eaux douces et dont la taille atteint jusqu'à $0^{mm},10$, est le type le plus commun. La partie antérieure de leur corps se prolonge en un très-long col flexible et extensible, au sommet duquel est un appendice en forme de bouchon. C'est à l'extrémité de cet appendice qu'est placée la bouche, et l'on voit très-facilement le bol alimentaire descendre dans ce long tuyau qu'il dilate par son passage (fig. 223). Les *Phialina* (1) ont le col moins long, et leur bouche est située à la base et non au sommet de l'appendice en forme de bouchon, mais toujours à l'extrémité du col. Il en est de même chez les *Trachelophyllum* qui ont le corps aplati et nagent sans tourner sur eux-mêmes.

Les autres genres de la famille des Lacrymariens n'ont pas la bouche placée à l'extrémité du col ni du corps, s'il n'y a pas de col, mais à la base de ce dernier (*Amphileptus*), sur le côté du corps (*Spirostomum*, *Dileptus*), ou sur la face ventrale (*Kondylostomum*). Les *Amphileptus* et les *Spirostomum* ont la fosse buccale bordée d'une frange de cirrhes qui se termine autour de la bouche en un tour de spire; les premiers se distinguent des seconds par leur long col, qui leur donne une grande ressemblance extérieure avec certains *Lacrymaria*. L'une des plus élégantes espèces est l'*A. Cycnus*. Le corps fusiforme, aplati, se termine en une pointe ou queue dans le voisinage de laquelle est située la vésicule contractile

(1) Ou plutôt le *Phialina*, car on n'en connaît qu'une seule espèce, le *Ph. vermicularis*, Ehr. C'est un infusoire d'eau douce.

(fig. 224). Les *Spirostomum* ont une forme un peu vermiculaire, et leur vésicule contractile est quadrangulaire, placée à l'extrémité postérieure du corps qui est tronquée. Ils sont striés de lignes obliques et présentent un noyau en chapelet; le nucléole offre probablement la même forme, mais est composé de grains plus petits (fig. 225).

Les *Dileptus* ressemblent beaucoup aux *Amphileptus*, mais leur frange buccale n'est



Fig. 223. — *Lacrymaria olor.*

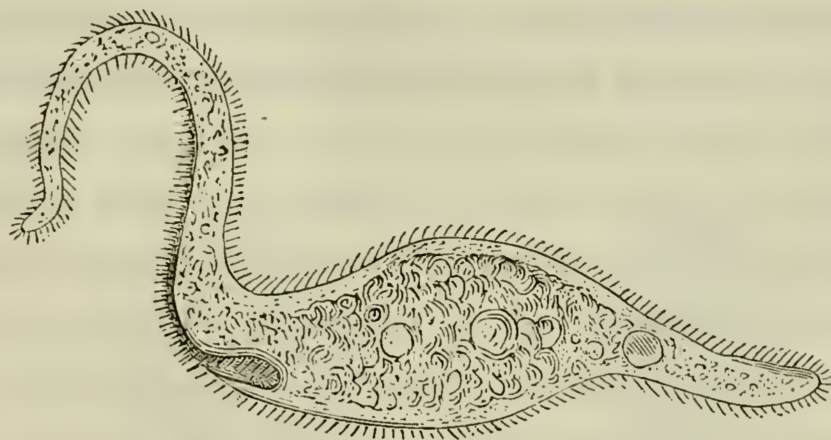


Fig. 224. — *Amphileptus Cycnus.*

pas ciliée; leur vésicule est située vers la partie médiane du corps. Comme très-voisins, aussi, de ces derniers genres, nous devons citer les *Loxophyllum* qui se distinguent immédiatement par



Fig. 225. — *Spirostonum ambiguum.*

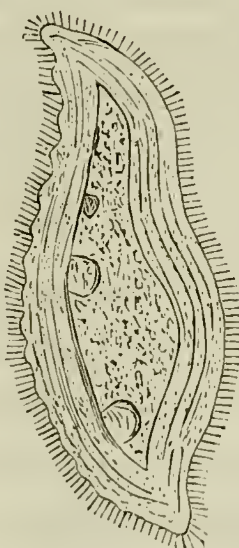


Fig. 226. — *Loxophyllum Meleagris.*

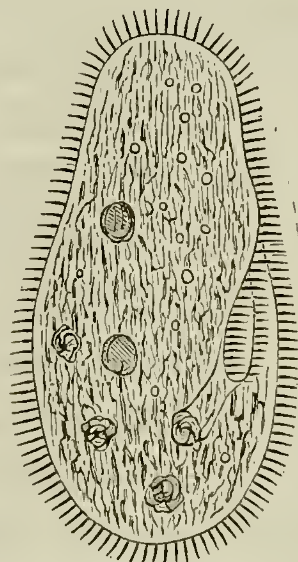


Fig. 227. — *Paramecium Aurelia.*

une zone transparente, ou limbe, qui les entoure. Ils ont deux vésicules contractiles (fig. 226).

Les *Chœtospira* sont pour ainsi dire des *Amphileptus* qui habitent une coque, comme les Vaginicoles, et dont le col est contourné en spire. Leur bouche est située à la base de ce col.

La famille des **Paraméciens** peut se diviser en trois sous-familles : 1° Les *Paraméciens vrais* qui ont un œsophage développé et visible ; 2° les *Bursariens* qui n'ont pas d'œsophage visible, mais la bouche toujours largement béante ; 3° les *Encheliens* qui ont la bouche petite, et ordinairement fermée, et pas d'œsophage visible.

Les *Paraméciens* ont, en général, une forme ovalaire, souvent acuminée en avant. C'est dans leur œsophage droit et rigide qu'on voit le mieux se former le bol alimentaire, comme nous l'avons indiqué plus haut. Les uns ont une spire buccale, ce sont les *Leucophrys*, dont le type *L. patula* est très-commun, et une forte soie buccale (*Plagiotoma*). D'autres n'ont pas de spire buccale, mais se distinguent par un appendice en forme de col (*Trachelius*) ou bien un noyau à nucléole très-brillant (*Loxodes*) ; d'autres encore, sans spire, sans appendice en forme de col, sans vésicule à nucléole, portent une soie à la bouche (*Trichomecium*) ou n'en portent pas (*Paramecium*) (fig. 227).

Les *Paramecium* sont des Infusoires très-communs et qui se prêtent fort bien à l'étude. Le type est le *P. Aurelia* de forme ovalaire, souvent atténué en avant, cilié sur tout le corps, muni d'une longue frange buccale non terminée en spire, d'une bouche aboutissant à un œsophage long et droit, et de deux vésicules contractiles dans lesquelles on parvient, mieux que chez la plupart des autres Infusoires, à observer les vacuoles qui s'y ouvrent et se dilatent lors de la systole de la vésicule.

Les *Bursariens* présentent plusieurs genres importants, *Bursaria*, *Kolpoda*, *Pleuronema*, etc. Les *Bursaria* ont une vaste fosse buccale en entonnoir, ciliée sur ses bords et portant dans sa cavité une crête garnie de cirrhes plus vigoureux.

Les *Kolpodes* sont au nombre des plus communs de tous les Infusoires, et il n'est pas d'eau stagnante où l'on n'en trouve, guère d'infusion végétale où ils n'apparaissent au bout de quelques jours. Ils sont ovalaires, n'ont pas la crête buccale des *Bursaria*, mais une lèvre inférieure ciliée dont le mouvement continuel apporte à

la bouche les particules nutritives en suspension dans l'eau. Ces Infusoires sont assez petits, leur taille ne dépasse guère quelques centièmes de millimètre, non plus que celle des *Lambadium*, *Metopus*, *Balantidium* qui n'ont ni soie buccale, ni lèvre, et des *Pleuronema*, qui ont, au contraire, des soies buccales bien enveloppées (fig. 228).

Enfin, les *Encheliens* forment les genres : *Enchelys* et *Holophrya*, dont la bouche est située à l'extrémité du corps, allongé et atténué en avant, complétement cilié ; *Glaucoma*, dont la bouche est latérale et munie de deux lèvres vibratiles (fig. 229) ; *Cyclidium*, qui n'ont pas de lèvres, mais des soies buccales avec lesquelles ils exécutent des sauts brusques, comme les Haltéries, etc.

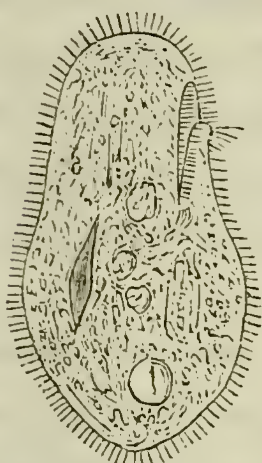


Fig. 228. — *Kolpoda cucullus.*

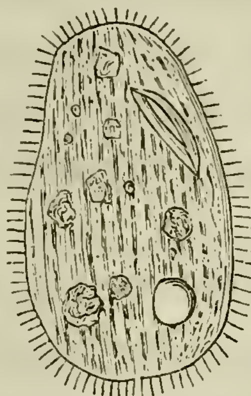


Fig. 229. — *Glaucoma scintillans.*

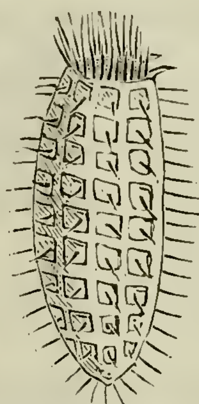


Fig. 230. — *Coleps hirtus.*

Les types les plus remarquables de cette famille sont l'*Holophrya ovum* et surtout le *Glaucoma scintillans* qui se développe rapidement dans toutes les infusions végétales, avec les *Cyclidium* et les Paramécies. La taille de tous ces Infusoires est aussi fort petite.

La dernière famille des Infusoires ciliés, celle des **Colépiens**, ne renferme, avons-nous dit, qu'un seul genre, le genre *Coleps*, établi par Ehrenberg pour des Infusoires à forme symétrique dont le corps est protégé par une cuirasse extérieure, percée d'une infinité de petits trous par lesquels passent les cils de l'animal qui y est inclus. La cuirasse peut se diviser en deux valves, et c'est ce qui arrive pendant la multiplication par fissiparité. Elle persiste après la mort et la diffluence de l'Infusoire, et on la trouve vide, dans les dépôts laissés par les eaux où ont vécu des Coleps. La bouche de l'Infusoire est placée à l'extrémité antérieure et couronnée d'une

rangée de cirrhes bien développés. L'espèce type est le *C. hirtus* d'Ehrenberg (fig. 230).

Préparation. — Les Infusoires ne peuvent être l'objet d'aucune préparation. Tous les soins que comporte leur étude se bornent à la recherche des animalcules dans les eaux stagnantes (mais non putrides) douces, saumâtres ou marines. Pour cela, on récolte des plantes aquatiques Conferves, Lemna, Chara, Hydrocharis, Myriophyllum, etc., les enduits composés d'Algues microscopiques, de Palmellées, d'Oscillaires, les dépôts vaseux, etc., que l'on conserve avec l'eau dans laquelle on les a trouvés. Suivant les localités et les époques, on rencontre ainsi des espèces différentes, et en renouvelant peu à peu l'eau qui s'évapore, en empêchant surtout la putréfaction à l'aide de quelques petites plantes vivantes qu'on entretient dans le liquide, on peut conserver pendant très-longtemps certaines espèces, seulement il faut remarquer qu'un grand nombre disparaissent assez rapidement et sont remplacées par d'autres.

On obtient aussi des Infusoires en préparant des infusions ou macérations à l'aide de quelques feuilles déposées dans un excès d'eau. L'influence de la lumière et de la chaleur sur la production des animalcules est très-grande, mais il faut éviter l'action prolongée des rayons solaires sur les infusions. Les Glaucomes, les Paramécies, les Kolpodes, certains Kérones, Oxytriches, se développent très-rapidement, mais la nature de la matière végétale qu'on met en macération ne nous paraît pas agir d'une manière déterminante sur les espèces obtenues. Si les infusions de foin, de poivre, de chènevis sont célèbres sous ce rapport, c'est qu'elles se putréfient moins facilement. Une condition beaucoup plus importante est la température et aussi la saison. D'ailleurs, dans les infusions on obtient, il est vrai, un très-grand nombre d'animalcules, mais ce sont toujours à peu près les mêmes et ils appartiennent à un nombre assez restreint de types.

Le moyen d'observer en peu de temps le plus grand nombre d'espèces, nous paraît consister dans la conservation d'une certaine quantité d'échantillons d'eau prise dans des étangs, des mares, des fossés différents, avec quelques-unes des plantes qu'on y a trouvées

végétant. On récolte ainsi, non-seulement des Infusoires, mais des Rotateurs qui se conservent très-longtemps, et le liquide passant bientôt à l'état d'infusion, on y voit apparaître des organismes qui souvent n'y existaient pas primitivement, notamment les Rhizopodes, les Amibes et les Infusoires flagellés. Au bout d'un certain temps, il se forme sur la paroi du vase, au niveau de l'eau, une croûte végétante d'Algues élémentaires dans laquelle, si l'on en met une parcelle sur le porte-objet, on trouve toujours des Rotateurs et des Rhizopodes, des Stentors, des Lacrymaires, etc. Sur les filaments de Conferves et les débris d'insectes, on trouve des Vorticelles, des Infusoires marcheurs, et, dans l'eau ambiante, les Infusoires nageurs et sauteurs (1).

Dans l'eau des vases à fleurs, avant qu'elle soit putréfiée, on trouve toujours de grandes Paramécies, qu'il est facile de transvaser dans de l'eau contenant du carmin en suspension, car ces animalcules sont ceux qui, avec les Vorticelliens, se prêtent le mieux à la coloration interne par l'absorption de la matière colorante.

On éprouve toujours, en commençant l'étude des Infusoires, de grandes difficultés qui tiennent aux déplacements rapides des animalcules tourbillonnant dans la goutte d'eau placée sur le porte-objet. Il faut opérer sur une goutte très-petite et attendre que son épaisseur, sous le verre mince, se soit réduite par l'évaporation. De cette manière, on peut employer de plus forts grossissements, et les animalcules, commençant à souffrir du manque d'eau, deviennent beaucoup moins turbulents. En même temps, on observe bien plus facilement le jeu de la vésicule contractile, qu'on ne trouve pas toujours au premier abord, mais dont on arrive à reconnaître la position au moment où elle se contracte brusquement (2). On voit aussi la marche des bols alimentaires dans l'appareil digestif, et on y

(1) Nous rappelons que les bacs de M. P. Carbonnier, quai du Louvre, n° 10, contiennent toujours des générations d'Infusoires et de Rotateurs de toutes espèces ; on peut ainsi se les procurer aisément. Il est facile, d'ailleurs, de conserver, pour ainsi dire, indéfiniment ces animalcules dans des aquariums d'appartement dans lesquels on maintient en végétation quelques plantes aquatiques, et particulièrement des Conferves, Characées, Lemnacées, etc.

(2) On se souvient que beaucoup d'Infusoires ont deux ou plusieurs vésicules contractiles. On en trouve quelquefois un nombre double de celui qui est indiqué comme normal, c'est qu'alors l'Infusoire est en voie de division binaire.

reconnaît souvent d'autres Infusoires, des Diatomées, des Oscillaires, etc., etc. La recherche de la bouche n'est pas toujours facile, mais on est guidé par la position des cirrhes ou de l'appareil en nasse; celle de l'anus est toujours très-difficile. Quant aux appendices, cils, cirrhes, soies, il est rare qu'on ne les reconnaisse pas facilement quand l'eau commence à manquer, au moins chez les Infusoires ciliés dont le *tourbillon* indique toujours la position des cirrhes. Pour les Infusoires flagellés, on éprouve, au contraire, la plus grande difficulté à voir les flagellums; on aperçoit quelquefois l'appendice pendant un instant très-court, mais il disparaît aussitôt. Le flagellum de ces Infusoires peut être considéré comme un excellent *test-objet*, et nous estimons beaucoup les objectifs qui permettent de le voir sans trop de difficultés, objectifs qui réunissent une grande pénétration à un pouvoir définissant remarquable.

On facilite l'examen des cils, flagellums, etc., etc., en ajoutant à l'eau du porte-objet une très-petite goutte de laque carminée des aquarellistes délayée dans l'eau, ou un peu d'eau iodée qui jaunit les organes.

Quant aux grossissements à employer, il faut naturellement qu'ils soient considérables. Les objectifs n°s 5 et 7 à immersion de Nachet sont excessivement commodes pour cette étude, en raison de leur pouvoir pénétrant. Pour l'étude particulière de certains organes, lorsqu'on examine des animalcules dont on est parvenu à ralentir les mouvements, par exemple avec une trace de sels de morphine, d'eau de laurier-cerise, de solution de curare au 1/1000, etc., on peut avoir recours aux objectifs n°s 7, 8 et 9 de Hartnack et Prazmowski, et jusqu'aux grossissements les plus considérables, n° 10 à immersion de Nachet, 13 de Hartnack, et les objectifs anglais de 1/10, 1/20 de pouce (à immersion), de R. et J. Beck, 1/8, 1/12, 1/16 de pouce (à immersion), de Powell et Lealand, Ross ou Swift. Les objectifs D, E, F, 2 et 3 à immersion de Zeiss sont aussi fort bons pour cette étude, et leur distance frontale est grande.

Enfin, une étude éminemment curieuse et qui révèle d'une manière inattendue les formes, les allures, les mœurs, pour ainsi dire, des Infusoires, est celle que l'on peut faire, sur les plus gros de ces animalcules, avec le microscope binoculaire, et surtout sur champ

noir avec le paraboloïde de Wenham ou l'éclairage noir de Nachet. Malheureusement, ces appareils ne sont possibles qu'avec des grossissements inférieurs à celui de l'objectif n° 2 de Nachet (2/3 de pouce au plus, R. et J. Beck ou 1/2 p. (40°) de Swift).

Ajoutons que la conservation des Infusoires en préparation de collection est à peu près impossible, en raison de leur diffluence. Ceux qui sont pourvus de carapaces solides se prêtent seuls à une demi-conservation, c'est-à-dire que la carapace résiste souvent très-longtemps, mais l'animalcule se détruit, et la préparation est peu instructive. On peut néanmoins tenter quelques essais dans les liquides de Pacini, qui servent pour la conservation des globules du sang, mais la réussite est toujours de courte durée.

CHAPITRE III

LES RHIZOPODES

Dans les eaux stagnantes et dans les infusions, on rencontre, outre les Infusoires et les Rotateurs, des amas plus ou moins volumineux d'une matière gélatineuse, sans forme déterminée, dans laquelle on distingue des granulations, des Diatomées, des Infusoires et autres corpuscules. Ces amas d'apparence glaireuse ou huileuse se déplacent, se déforment, et émettent dans tous les sens des prolongements de leur substance à l'aide desquels ils progressent et entourent, pour les englober, les corpuscules, quelquefois relativement volumineux, qu'ils rencontrent sur leur chemin. Ces êtres sont des Rhizopodes, et l'on désigne sous le nom de *pseudopodes* les expansions rétractiles qu'ils émettent.

Avec de l'attention, on peut reconnaître à certains d'entre eux une vésicule contractile, mais on voit facilement qu'ils sont constitués par une masse sarcodique peu ou point différenciée dans ses différentes parties. Cependant, la matière intérieure paraît un peu plus liquide que la couche externe, car lorsque l'animal envoie un prolongement d'un côté, on constate la production d'un courant intérieur qui entraîne vers cette partie les corpuscules englobés.

Tels sont les *Amibes* dont nous avons souvent parlé, classés autrefois parmi les Infusoires, sous le nom de *Protées*, en raison de leur forme changeante. Ils n'ont ni bouche, ni anus, ni tube digestif; les matières qu'ils absorbent pénètrent dans leur substance par les points quelconques où elles les touchent, s'y dissolvent, et les résidus sont rejetés aussi par des points quelconques, suivant le hasard des mouvements et des déformations de la masse sarcodique (fig. 231).

Dans ces êtres, il n'y a évidemment aucune différenciation entre la matière interne (*endosarque*) et la couche externe (*ectosarque*), car si les expansions pseudopodiques viennent à se rencontrer, elles se soudent et se confondent aux points de contact. Deux Amibes qui se rencontrent peuvent se confondre en une masse gélatineuse unique, de même qu'un accident peut diviser un seul Amibe en plusieurs parties qui continuent leurs mouvements, chacune de son côté, comme si rien ne leur était arrivé.

Cependant, certaines espèces sont un peu moins simples et émettent des prolongements plus ou moins fins, tentaculiformes, qui sont rétractiles mais qui ne sont plus, pour ainsi dire, le corps même de l'animal; lorsqu'elles se rencontrent, ces expansions filiformes se soudent au contact et forment autour de la masse centrale un réseau à mailles glutineuses semblable à une toile d'araignée, dans lequel s'embarrassent et se prennent les corpuscules animaux et végétaux qui viennent à les toucher. Absorbés par les pseudopodes même, ces corpuscules sont entraînés par un courant centripète dans la masse centrale, où se manifestent aussi des courants qui ne sont pas sans analogie avec ceux qu'on observe dans les cellules végétales. Des courants inverses se dirigent du centre dans les pseudopodes. Pendant ce temps, le réseau formé par les pseudopodes change continuellement de forme (*Lieberkuhnia*).



Fig. 231. — *Amœba princeps*.
Deux formes successives du même animal qui a absorbé deux granules verts et une Diatomée.

Ces formes appartiennent au groupe des **Réticulariés** dans lequel

on trouve des types moins imparfaits encore, en ce qu'ils sont enfermés dans une sorte de test, ou coque, d'apparence demi-cornée, percé d'un orifice par lequel sort une masse pseudopodique qui se répand autour de la coque et émet de tous les côtés des pseudopodes réticulés. Toute la masse, à un moment donné, peut rentrer dans la coque (*Gromia*). Ils ont un ou deux noyaux et une vésicule contractile.

Les **Radiolariés** constituent un autre groupe formé d'êtres dans lesquels on constate toujours la présence d'une vésicule contractile qui fait souvent hernie au dehors, et, dans la masse, ordinairement globuleuse, du sarcode on remarque des granulations et des vacuoles qui peuvent se réunir ou se diviser. De cette masse sortent en rayonnant des pseudopodes plus ou moins déliés et rétractiles.



Fig. 232. — *Actinophys sol.*

Tels sont les *Actinophrys*, *Plagiophrys*, etc., que l'on trouve souvent dans mares, sur les plantes aquatiques, sous forme d'une vésicule de 0mm,08 à 0mm,50 de diamètre, immobile, mais que l'on voit, au bout d'un certain temps, émettre des pseudopodes plus ou moins fins, dans toutes les directions. Si un Infusoire vient à toucher un de ces pseudopodes, il y reste agglutiné, mais s'il est assez fort et menace de s'échapper, le pseudopode le plus voisin vient au secours du premier pour retenir l'animal récalcitrant qui, bientôt vaincu, est doucement remonté vers le corps de l'Actinophrys. Les petits corpuscules restent accolés au pseudopode, et on les voit remonter le long de cet organe jusqu'à la surface du sarcode qui émet une expansion courte et large pour englober sa proie dans une de ses vacuoles où l'on peut souvent observer encore, pendant quelque temps, les mouvements ciliaires des Infusoires.

On trouve aussi, parmi les Radiolariés, des animaux pourvus d'une coque plus ou moins solide, comme les *Difflugia* et les *Arcella* par lesquels on arrive aux Foraminifères et aux Polycystines.

On sait peu de choses sur la reproduction de Rhizopodes qui paraît se faire par division, ou peut-être, par bourgeonnement, car il existe une analogie frappante et presque une identité entre les Rhizopodes à coque et les Polycystines et Foraminifères qui ne sont que des Rhizopodes à coque siliceuse ou calcaire dont les jeunes individus, ou les bourgeons successifs, ne se sont pas séparés des parents, formant ainsi des coques à plusieurs chambres (*polythalames*), habitées par des individus qui sont solidaires les uns des autres.

Préparation. — Nous n'avons qu'à répéter ici ce que nous avons dit des Infusoires. Les Rhizopodes n'exigent aucune préparation. Leur étude est, d'ailleurs, beaucoup plus facile que celle de ces derniers, en raison de la lenteur de leurs mouvements.

CHAPITRE IV

LES ROTATEURS ET LES TARDIGRADES

I. — Rotateurs.

Lorsqu'on examine au microscope les filaments des Conferves, les tiges et les feuilles des plantes aquatiques, les croûtes verdâtres déposées sur les pierres et les corps submergés dans les eaux stagnantes, les enduits qui se forment sur la paroi des vases où l'on conserve les infusions végétales, on y trouve, outre les Rhizopodes et les Infusoires, d'autres petits animaux extrêmement remarquables et qui présentent déjà, malgré l'exiguïté de leur taille, un degré d'organisation relativement élevé. Ce sont les Rotateurs.

Ces petits êtres sont depuis longtemps célèbres par la propriété qu'on leur a reconnue, propriété qu'ils partagent d'ailleurs avec un assez grand nombre d'animalcules et beaucoup de spores végétales, de pouvoir résister sans périr à une dessiccation très-prolongée et à un écart de température de plus de 100°. Ainsi desséchés, les Rotateurs peuvent être conservés plusieurs mois sans perdre les facultés

de réabsorber l'eau avec laquelle on les met en contact et de renaître à l'activité.

Cette alternative de dessiccation et d'imbibition paraît, d'ailleurs, être une condition normale de leur existence, car on trouve les Rotateurs, et particulièrement les espèces appartenant au genre *Rotifer*, en grande abondance dans les touffes de mousses et autres petites plantes qui poussent sur les toits, sur le tronc des arbres, les murailles, où elles sont successivement soumises à l'action du soleil et des pluies. On les rencontre aussi dans les cellules des tiges mortes de Sphagnum.

L'organisation des Rotateurs est très-curieuse et facile à étudier grâce à la transparence de leurs tissus. Leur taille est du reste assez considérable, car certains, lorsqu'ils s'allongent, peuvent mesurer jusqu'à un demi-millimètre et par conséquent sont visibles à l'œil nu.

Les Rotifères ont la forme d'une petite sangsue, et on les voit arpenter les objets submergés en se fixant alternativement par la tête et par la queue (fig. 233). Leur corps, à l'état ordinaire, est allongé, terminé par une tête amincie, portant comme une sorte de rostre à l'extrémité duquel on voit s'agiter des cirrhes en forme de crochet avec lesquels, en effet, l'animal paraît se cramponner aux corps solides. Sur cette tête, on remarque deux points rouges qu'Erhenberg a désignés comme des yeux rudimentaires (et il est aujourd'hui reconnu qu'Erhenberg a eu raison); puis le corps se renfle, et au-dessus de la tête on voit passer, sur le côté, un petit appendice en forme de tube terminé par un bouquet de courtes soies qui peuvent rentrer dans l'appendice comme dans une gaîne. Ehrenberg regardait cet appendice comme un siphon par lequel l'animal puise l'eau pour sa respiration. Mais, comme il ne paraît pas perforé dans toute son étendue, Dujardin l'a désigné plutôt comme une sorte d'antenne ou de palpe (?). Le corps est plus ou moins globuleux, suivant l'état de rétraction ou d'extension de l'animal, et se termine par une queue ou *pied* qui peut s'allonger d'une manière considérable; et, à cet effet, son tégument, comme celui de tout le reste du corps est formé d'anneaux rentrant les uns dans les autres comme les tubes d'une lorgnette. Chez les *Rotifer*, cette

queue se termine par un article composé de deux petites pièces ou cornicules, pointues par le bout, qui peuvent s'écarter et se rapprocher comme les mors d'une cisaille. L'animal se fixe souvent par cette extrémité, mais en écartant les deux pièces de sa queue à la base desquelles on remarque une petite surface circu-

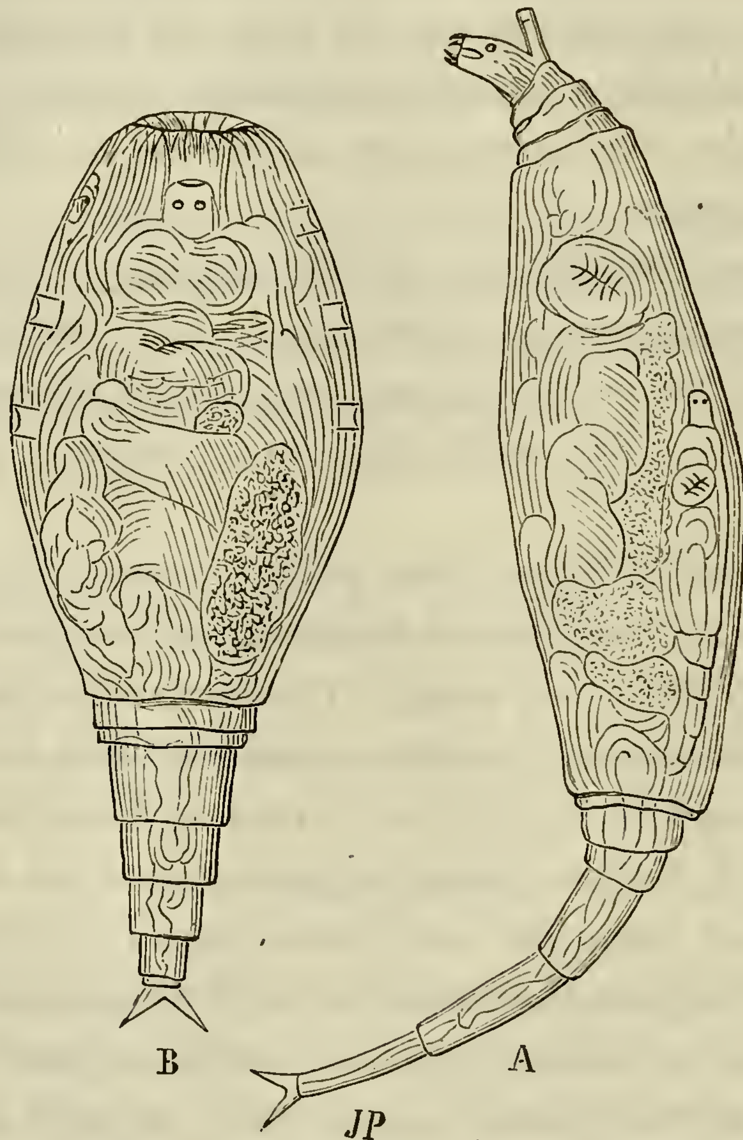


Fig. 233. — *Rotifer vulgaris.*

A, animal allongé; l'appareil rotateur est rétracté (l'ovaire contient un jeune); B, animal à demi contracté (obj. 4/10 p. de Beck).

laire qui est une ventouse. Mais chez la plupart de ces espèces (*Rotifer vulgaris*, *inflatus*) la queue porte encore une pièce rétractile qui dépasse les cornicules et ressemble à une main composée de trois doigts, car l'animal palpe avec ces doigts les corps solides avant d'y appliquer les deux cornicules, qui font comme le pouce et le petit doigt de cette main, puis sa ventouse qui est située comme au poignet (face palmaire). D'autres espèces encore ont la queue composée sur le même plan mais portant, au lieu de doigts, trois

longues baguettes divergentes, tandis que les deux cornicules, situées beaucoup plus haut, sont elles-mêmes composées de trois articles bout à bout (*Actinurus*) (fig. 234, A, D).

Telle est la forme du Rotifère lorsqu'il voyage à la manière des Sangsues en s'attachant successivement par la tête et par la queue. Mais vient-il à trouver un courant d'eau qui lui paraît favorable, on voit tout à coup sa tête se renverser, s'ouvrir, et, par l'ouverture, sortir une paire d'organes circulaires bordés de cirrhes vibratiles, qui se mettent à tourner comme deux roues dentées, avec une grande vitesse, déterminant devant eux un violent tourbillon qui amène les particules nutritives dans l'espace qui les sépare, espace dans lequel s'ouvre comme un entonnoir un large pharynx garni de cils vibratiles (fig. 234, C, D).

Mais le Rotifère peut aussi employer cet appareil pour la nage : lâchant son point d'attache et faisant tourner ses deux roues, il nage alors avec une grande vitesse.

Nous n'avons pas besoin de répéter, à propos de ces *roues*, ce que nous avons dit sur le disque vibratile des Vorticelles et des Stentors qui, lui aussi, semble tourner ; l'effet de rotation est une illusion due au mouvement successif, et dans le même sens, des cils qui bordent ces deux disques dont chacun représente celui d'un Stentor. Il n'est donc pas étonnant que les Rotateurs ainsi doués, car tous ne sont pas, sous ce rapport, organisés de la même façon, aient été primitivement classés parmi les Infusoires vorticelliens, car, en somme, ils se trouvent comme eux dans les infusions, mais leur structure est bien différente.

En effet, pendant tout le temps que le Rotifère fait agir ses roues, on voit l'eau se précipiter dans la cavité buccale au fond de laquelle est un organe masticateur composé de deux mâchoires épaisses, demi-circulaires, striées de dentelures à leurs bords internes qui se touchent, et animées d'un continuel mouvement de *broiement* ou de mastication. Ce sont effectivement des mâchoires dans lesquelles M. Gosse a reconnu l'existence de plusieurs pièces et de muscles spéciaux. A cet appareil, appelé *mastax*, succède un tube intestinal qui traverse une série d'organes accessoires et vient se terminer à l'extrémité du corps dans une cavité ovalaire, le cloaque, qui aboutit elle-même

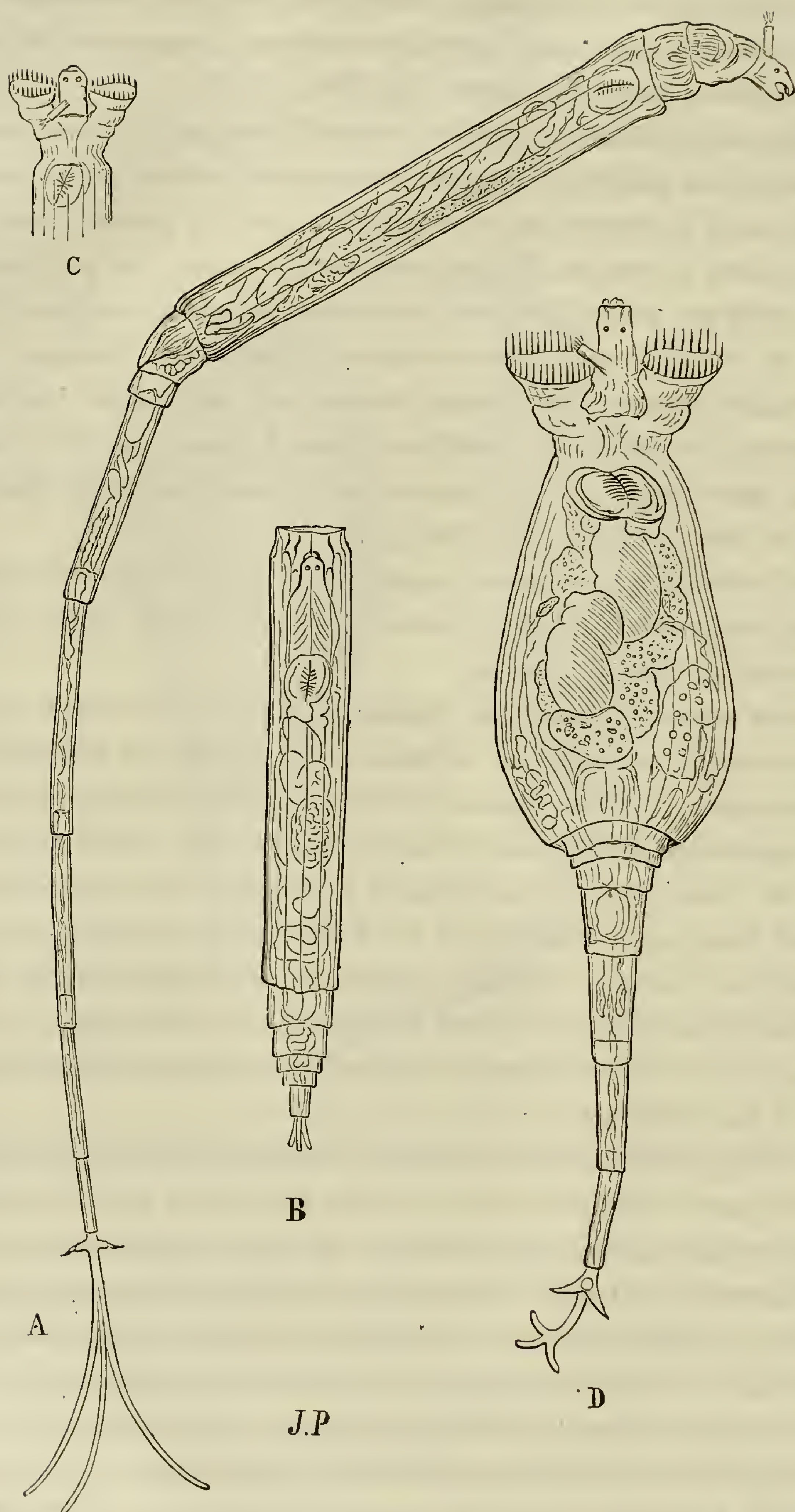


Fig. 234. — A, B, C. *Actinurus Neptunius*. — *D. Rotifer inflatus.*

au dehors par un orifice, l'anus, placé à l'extrémité de la partie globuleuse du corps et au-dessous duquel se prolongent quatre ou cinq articles coniques, en tubes de lorgnette, qui constituent la queue (1). A la partie inférieure du canal digestif, et débouchant pareillement dans le cloaque, on observe une masse transparente, arrondie, qui est l'ovaire, masse quelquefois très-dilatée et contenant un, deux ou trois petits Rotifères tout formés dont on distingue très-bien les mâchoires (lesquelles sont en mouvement comme celles de la mère) et les deux points oculaires rouges. Le long des parois de ce même canal digestif, on observe encore diverses petites masses qui peuvent être des glandes. Enfin, tout le système est renfermé dans une gaîne musculaire qui, dans certaines espèces, forme des bandes longitudinales bien marquées, et qui donnent même au tégument extérieur, formé d'une membrane hyaline et molle, entrecoupée de plis transversaux rentrant les uns dans les autres, la même apparence de bandes longitudinales. Quant à la queue, elle ne contient aucun organe, si ce n'est la prolongation de la gaîne musculaire et un ou deux tubes qui paraissent partir de la vésicule contractile placée à la base de la queue pour aboutir à la ventouse située à la base des cornicules. Ces tubes se pelotonnent et se ramassent en circonvolutions compliquées qui sont remontées jusque vers le milieu du corps quand la queue est rétractée.

Ainsi composé, on conçoit que le corps des Rotifères est éminemment flexible et contractile et peut prendre la forme allongée d'un ver ou se contracter en un simple globule : les roues rentrent dans la tête qui rentre ensuite dans le corps ainsi que la queue. C'est cette forme globuleuse que prennent la plupart des Rotifères lorsqu'ils sont soumis à la dessiccation, bien que certaines espèces semblent ne point contracter beaucoup leur corps, la tête rentrant, d'une part, pendant que la queue se rétracte de l'autre; l'animal conserve alors la forme d'un tube (*Actinurus*). C'est en raison de

(1) Voir fig. 234 : A, Actinurus complétement allongé sauf les disques rotateurs que l'on voit en C. L'anus est visible à l'extrémité de la partie dorsale du *tube*. — B, le même contracté. Long., 0mm,400. — D, Rotifère complétement développé, montrant tous les organes internes : au-dessous du *mastax*, les glandes (salivaires?), l'estomac, puis l'intestin entourés par une masse glandulaire (foie?); de chaque côté, une des vésicules à cil vibratile ; à droite, l'ovaire, puis le cloaque, la vésicule contractile et les deux tubes qui parcourent la queue jusqu'à la ventouse de l'organe tactile de la queue ou *pied*. Longueur 0mm,190.

cette contractilité extrême qu'on donne aux Rotateurs (réunis aux Tardigrades) le nom de **Systolides.**

Tous les Rotateurs, cependant, ne sont point aussi contractiles. Quelques-uns, en effet, ont le corps recouvert d'un tégument solide, d'apparence cornée, hyalin d'ailleurs et qui paraît une carapace de tortue. Dans les *Brachionus*, les *Noteus*, etc., la carapace est ronde ou ovale, plus ou moins allongée. Cette carapace, dans certaines espèces, dépasse de beaucoup, sur les côtés, le corps de l'animal qu'elle recouvre ; elle est entaillée, en avant et en arrière, d'une échancrure qui forme souvent deux ou quatre cornes, échancrure par laquelle passent, en avant, la tête avec les disques vibratiles qu'elle développe, et, en arrière, la queue bifurquée, composée d'articles rentrant les uns dans les autres. Tête et queue peuvent, d'ailleurs, rentrer l'une et l'autre sous la carapace.

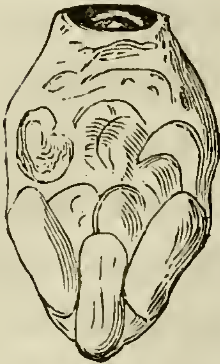


Fig. 235. — *Rotifer vulgaris*, contracté et desséché.
Longueur, 0mm,123.
Largeur, 0mm,094.

Dans les Brachioniens, comme dans plusieurs espèces appartenant à la tribu des Rotifériens, le tube digestif se divise bien évidemment en deux poches distinctes, l'une représentant un estomac, l'autre un intestin. On a même pu reconnaître que certaines des glandes dont nous avons parlé débouchent les unes dans l'estomac (glandes salivaires ?), les autres dans l'intestin (foie ?).

L'appareil rotateur n'est pas identique, nous l'avons dit aussi, chez tous les Systolides. Chez certains Brachions, il se divise moins nettement en deux disques différents et présente simplement l'aspect de deux lobes ciliés ; chez les Flosculariens, il n'a même plus qu'une ressemblance très-lointaine avec l'organe qui caractérise les Rotifères, et se compose d'un bouquet de cinq lames frangées, sur leurs bords, de petites touffes de cils aussi d'apparence lamelleuse (*Stephanoceros*). Le procédé par lequel l'appareil rotateur est projeté hors du corps n'est même pas identique chez tous les Rotifériens. Chez quelques-uns, les deux *roues* sortent de chaque côté de la tête et un peu au-dessous (fig. 234, C, D).

Enfin, la carapace qui recouvre le corps de certaines espèces est un tube cylindrique, construit par l'animal à l'aide, sans doute, d'une sécrétion qui lui est particulière et qui agglutine les corpus-

cules solides apportés à sa surface par l'appareil rotateur (*Melicerta ringens*) (1).

Jusqu'à présent nous n'avons étudié que la structure anatomique et la forme des Rotateurs, il nous reste à ajouter quelques mots sur leurs fonctions physiologiques.

Comme les Rhizopodes et les Infusoires, ces animalcules sont pourvus d'une vésicule contractile ; celle-ci est placée à la partie inférieure du corps et communique avec le cloaque, d'une part, tandis

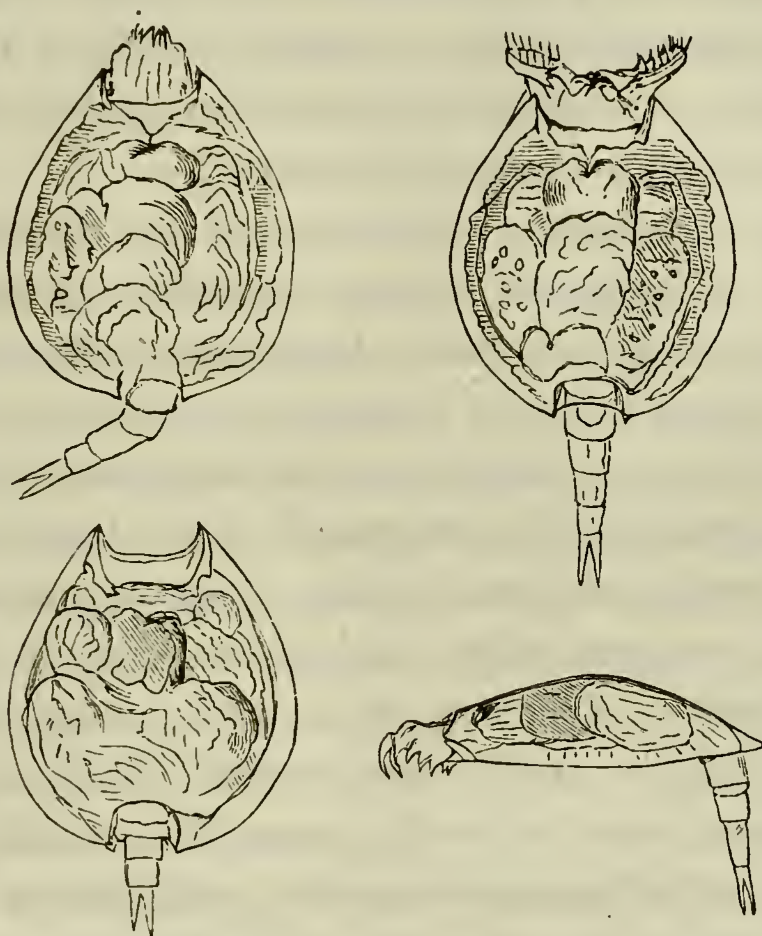


Fig. 236. — *Brachionus ovatus.*

En haut à gauche, et en bas à droite, animal vu de face et de profil; dans les deux autres figures l'animal est d'une part, complétement developpé, avec ses disques rotateurs, et de l'autre presque complétement rétracté. Longueur, $0^{mm},174$.

que, de l'autre part, elle forme deux vaisseaux sinueux qui remontent de chaque côté du corps vers la partie antérieure, où souvent, ils se bifurquent, l'une des branches venant s'anastomoser avec celle du côté opposé, et l'autre se terminant peut-être dans le *vortex*, entre les deux roues. Le long de ces tubes sont fixés de deux à huit petits

(1) H. Gosse, *Transaction of microscop. Society*, 1852.

organes, en forme de sacs pointus, qui communiquent avec les vaisseaux et dans lesquels un cil ondule avec rapidité. Ces petits organes paraissent destinés à activer dans ces canaux la circulation de l'eau qui a pénétré dans le cloaque où la vésicule contractile l'a puisée, pour la lancer dans les canaux qu'elle parcourt pour sortir par le vortex. Cette eau aérée viendrait donc revivifier le liquide nourricier ou sanguin qu'on suppose compris entre le tube digestif de l'animal et la gaîne musculaire. Aussi, ces vaisseaux aquifères sont-ils désignés sous le nom de *canaux respiratoires*. On en constate assez facilement l'existence chez les Systolides de grande taille tels que l'*Hydatina senta* qu'on trouve fréquemment dans les mares et les ornières pleines d'eau verdissante (1).

Quant à la reproduction, on est encore loin d'en connaître tous les détails ; il est à peu près certain, cependant, qu'elle ne se fait ni par division, ni par gemmation ou bourgeonnement, à moins que les œufs qu'on observe dans le corps de ces animaux ne soient des gemmes ou bourgeons internes, ce qui impliquerait une reproduction sexuée. Cependant MM. Brightwell, Gosse, Hudson ont fait connaître les mâles de plusieurs espèces, lesquels sont très-différents des femelles, au point d'être méconnaissables si la copulation n'avait été observée. Chez eux, on ne trouve aucun vestige d'appareil digestif (le genre *Asplanchna* présente, d'ailleurs, cette singulière particularité chez la femelle comme chez le mâle). Leur existence est donc probablement très-courte, et M. Hudson avance qu'elle ne dure souvent pas plus d'une heure. On n'a pas encore reconnu les mâles des Rotifères, qui ne sont, sans doute, produits qu'à certaines époques. Quant aux femelles, elles sont, dans tous les genres de cette famille, pourvues d'un ovaire situé au voisinage du cloaque dans lequel il s'ouvre. Certaines espèces sont ovipares et pondent, quelques heures après qu'ils se sont formés, des œufs peu nombreux mais dont la production se renouvelle très-rapidement

(1) Il faut remarquer toutefois que la vésicule contractile des Rotifères n'éprouve que de rares contractions dont l'effet paraît plutôt se faire sentir par en bas que par en haut. Peut-être n'a-t-elle d'autre fonction que de faire le vide dans la ventouse. C'est en effet ce que nous croyons. Les parois de l'estomac et de l'intestin sont recouvertes d'un épithélium vibratile, et il est évident pour nous que la respiration pendant la période d'activité des Rotateurs, se fait en grande partie par la surface intestinale. J. P.

(*Hydatina*) ; d'autres portent, comme les Crustacés et les Entomostracés, les œufs à la partie postérieure de leur corps jusqu'à l'éclosion (*Brachionus*). Les Rotifères vrais, l'Actinurus, sont vivipares, et l'on constate presque toujours dans leur ovaire, énormément distendu, un, deux ou trois jeunes tout formés. Souvent, même, un de ces jeunes a pris une taille presque égale à celle de sa mère, et on le voit s'allonger, s'étendre, se contracter, remuer sa mâchoire dans la cavité ovarienne. Nous avons constaté que dans l'espace d'une demi journée un jeune Rotifère peut apparaître tout formé dans l'ovaire de sa mère et en sortir, presque avec une taille d'adulte, pour se mettre immédiatement à agiter ses roues ; si bien qu'une heure après, on ne peut plus distinguer, par la taille au moins, la mère et l'enfant. L'expulsion se fait en quelques secondes, à l'aide de deux ou trois contractions du corps de la mère.

Dujardin a divisé les Rotateurs en trois classes suivant qu'ils sont fixés, libres, ou alternativement libres et fixés. A la première classe appartiennent : 1° les Flosculariens qui n'ont pas de cils vibratiles (g. *Floscularia*, *Stephanoceros*) ; 2° les Mélicertiens, qui sont munis de cils (g. *Ptygurus*, *Lucinularia*, *Tubicolaria*, *Melicerta*). A la deuxième classe, des Rotateurs libres, appartiennent : 3° les Brachioniens, qui sont cuirassés (*Pterodina*, *Anurella*, *Brachionus*, *Lepadella*, *Euchlanis*, *Dinocharis*, *Salpina*, *Colurella*, *Ratulus*, *Polyarthra*) ; 4° les Albertiens, qui vivent en parasites dans l'intestin des Vers (g. *Albertia*) ; 5° les Furculariens, dont la queue est fourchue (*Enteroplœa*, *Hydatina*, *Notommata*, *Furcularia*, *Plagiognatha*, *Lindia*).

6° Enfin à la classe des Rotateurs, alternativement libres et fixés appartiennent les Rotifériens (genres *Callodina*, *Actinurus* et *Rotifer*).

Nous avons dit que les Rotateurs, et particulièrement les espèces de Rotifères qui vivent entre les ardoises et dans la mousse des toits, ont la propriété de se contracter sous forme d'un globule, lorsque l'eau vient à leur manquer, et de pouvoir, dans cet état, supporter une dessiccation complète sans périr. Cette propriété a été constatée chez eux et chez les Tardigrades, par Spallanzani, mais elle exige, pour qu'on puisse en faire l'épreuve, certaines précautions.

Si on laisse ces animaux se dessécher à l'air libre, on peut les porter, alternativement et subitement, d'une température de — 17°,6 à celle de + 78° (95°,6 de différence) sans les tuer, car replacés dans l'eau à la température ordinaire, ils renaissent à l'activité (Pouchet). Plus a été complète leur dessiccation *à froid*, plus ils peuvent subir des écarts considérables de température. Desséchés dans un courant d'air sec, ils peuvent supporter pendant cinq minutes une température de 98°, mais desséchés dans le vide sec, puis à 100° sous la pression atmosphérique, ce qui réalise le degré de dessiccation le plus complet que nous puissions produire, ils peuvent encore se ranimer dans l'eau après plusieurs mois. Maintenus dans le vide pendant trente jours avec de l'acide sulfurique monohydraté ou du chlorure de calcium, ils ne perdent pas leur faculté de réviviscence. C'est ainsi qu'on peut faire pendant l'été sa provision de Rotifères et la conserver, sous forme d'une poudre sèche et jaunâtre, jusqu'à la saison suivante. Les animaux ont ainsi l'aspect d'un globule de gomme, mesurant environ de $0^{mm},12$ à $0^{mm},13$ de longueur (fig. 235). Peut-être sécrètent-ils à la surface de leur corps une couche mucilagineuse qui se coagule ou se concrète pour préserver les organes internes d'une dessiccation complète dont la conséquence semblerait devoir être leur destruction définitive. Ajoutons que toutes les espèces ne se prêtent pas également bien à ces expériences qui réussissent plutôt sur les Rotifères des toits que sur ceux des ruisseaux.

C'est sans doute à la faveur de la dessiccation naturelle que s'opère la dissémination des Rotateurs, notamment sur les toits et les lieux élevés, ce qui, joint à la rapidité de leur reproduction, explique la profusion avec laquelle ces petits animaux sont répandus dans la nature.

II. — Tardigrades.

Les Tardigrades ont été réunis par Dujardin aux Rotateurs, avec lesquels ils constituent la famille des **Systolides**, parce qu'en effet, ils partagent avec ceux-ci la faculté de contracter leur corps et de pouvoir prendre la forme d'un globule. On les trouve, d'ailleurs, avec

eux sur les toits et dans les eaux stagnantes; on les voit, dans les vases contenant des infusions habitées par des Rotifères, ramper sur les parois comme de petits vers longs de $0^{mm},5$ à 1^{mm}.

Examinés avec un grossissement suffisant, on reconnaît que leur corps est formé de 5 segments plus ou moins distincts, suivant les espèces, segments dont le premier constitue la tête ; les quatre autres sont munis chacun d'une paire de pattes très-courtes ou de mamelons armés de deux ongles doubles ou de quatre ongles simples en crochet. Leur bouche est petite, située en avant de la tête et est en rapport avec un appareil masticateur qui rappelle celui des Rotateurs. Il se compose de deux mâchoires latérales et d'un bulbe musculaire que traverse un canal longitudinal soutenu par de petites pièces articulées.

Les Tardigrades se meuvent lentement à l'aide de leurs crochets et des contractions et dilatations de leur corps. Ils subissent des mues, et c'est dans la peau qu'il va quitter que l'animal abandonne ses œufs. Ceux-ci ont de $0^{mm},07$ à $0^{mm},08$ de diamètre, suivant les espèces, sont de couleur brune, d'aspect lisse et de forme sphérique.

Doyère a publié, en 1843, un travail étendu sur les Tardigrades et a mis de l'ordre dans les espèces reconnues par Spallanzani, Eichorn, Dujardin et Schultze. Il les a divisées en 3 genres :

1° *Emydium*. — Animaux ovoïdes, plus étroits en avant qu'en arrière ; la tête, conique, est entourée d'appendices charnus, mais le museau ne porte ni soies, ni ventouse. Le tégument est épaissi, couvert de plaques cornées régulièrement disposées et de cils longs et raides. Chaque patte est munie de 4 crochets. On en connaît trois espèces, longues de $0^{mm},30$ environ, vivant avec les Rotifères dans la mousse des toits et des murailles, et partageant avec eux la propriété de se ranimer après une dessiccation complète.

2° *Milnesium*. — Ce genre se distingue par la tête, qui est munie à sa partie antérieure et latérale de deux courts appendices palpiformes et par la bouche qui se termine en une ventouse entourée de palpes. Le tégument est mou et ridé transversalement par des sillons variables. Le *Milnesium tardigradum*, long de $0^{mm},5$ à $0^{mm},6$ est l'animal sur lequel Spallanzani a constaté la réviviscence.

3° *Macrobiotus.* — La tête ne porte pas d'appendices, mais la bouche est munie d'une ventouse sans palpes. La peau est molle et ridée de plis transversaux variables. A ce genre appartiennent le Tardigrade de Schultze, celui qu'Eichorn appelait « Ours d'eau » (*Macrobiotus ursellus*), celui de Dujardin (*M. Dujardin*) et une espèce dédiée au célèbre opticien Oberhäuser, *Macrobiotus Oberhæuseri.*

Préparation. — La récolte des Systolides dans les eaux des mares, dans les mousses des toits et des murailles, mousses qu'on met à infuser dans de l'eau, la conservation pendant longtemps des diverses espèces dans ces eaux, sont très-faciles et nous n'avons aucune observation nouvelle à faire à cet égard. Cependant, nous ferons remarquer que les espèces se succèdent souvent dans les infusions. C'est ainsi que si l'on récolte une eau de mare avec des plantes aquatiques, on y trouvera immédiatement, avec de nombreuses espèces de Brachions, qui sont très-nageuses et se fixent peu, le *Rotifer vulgaris.* Mais il arrive fréquemment que cette espèce disparaît après quelques semaines, et est remplacée par le *R. inflatus* qui se mêle bientôt du *R. macrostyla.* Ce phénomène s'est présenté à nous dans toutes les eaux que nous avons récoltées dans les bacs des plantes aquatiques au Muséum d'histoire naturelle de Paris.

L'étude de ces animaux, et surtout de ceux qui se fixent par la queue est facile, et n'exige ordinairement que des grossissements moyens. C'est surtout pour cet examen que les objectifs doués d'une bonne pénétration sont fort utiles. Ainsi les n°s 2 et 3 de Nachet sont-ils excellents pour ce travail, leur grossissement avec les divers oculaires varie de 150 à 350 diamètres. Les objectifs N° 5 et au besoin N° 7 à immersion, grossissant de 500 à 800 diamètres, suffiront pour les études spéciales d'organes. Les n°s 4, 5 et 7, puis 9 à immersion d'Hartnack seront employés utilement pour bien reconnaître les détails douteux d'organisation. Enfin l'objectif 4/10 de pouce de MM. R. et J. Beck, dont le grossissement avec l'oculaire 4 d'Hartnack ou 3 de Nachet est d'environ 250 fois, mérite d'être signalé d'une manière particulière, car il nous a rendu de grands services dans cette étude et nous a permis de reconnaître

que bien des points de l'histoire des Rotateurs, telle qu'elle est donnée aujourd'hui, sont loin d'être certains, notamment en ce qui a rapport à la vésicule contractile et aux tubes respiratoires des Rotifères ; c'est en partie à l'admirable netteté de définition de cet objectif que nous devons les principaux faits signalés par nous dans la monographie des Rotateurs que nous préparons.

Avec les objectifs que nous venons de signaler, les plus commodes sont ceux de M. Zeiss à une seule lettre et ceux de M. J. Swift à moyenne ouverture.

On peut conserver beaucoup de Systolides desséchés et obtenir des préparations d'animaux frais dans la glycérine, les liquides de Pacini, etc. ; malheureusement, ces préparations ont peu d'intérêt parce que les animaux se contractent et n'offrent bientôt plus qu'un globule transparent dans lequel on ne peut distinguer aucun organe. Les Rotateurs à carapace conservent au moins la forme de leurs enveloppes, l'*Actinurus Neptunius* garde en partie sa forme allongée et les Tardigrades se rétractent parfois moins encore. Néanmoins, toutes ces préparations sont peu instructives, et la meilleure manière de se rendre un compte parfait des formes générales des Systolides consiste à les regarder vivants au microscope binoculaire sur champ noir.

CHAPITRE V

LES FORAMINIFÈRES ET LES POLYCYSTINES

I. — Les Foraminifères.

Avec les Foraminifères, nous revenons à des types animaux beaucoup plus simples, c'est-à-dire à des Rhizopodes dans lesquels on ne reconnaît aucun organe autre que les expansions sarcodiques très-fines, ou pseudopodes, qu'ils émettent et à l'aide desquelles ils se meuvent, en même temps qu'ils recherchent leur nourriture ; mais ces êtres si simples habitent des coquilles dont les formes

régulières et l'élégante construction font l'admiration de tous les micrographes.

Ces Rhizopodes, en effet, sont multiples, c'est-à-dire qu'ils constituent une masse primordiale de sarcode qui émet successivement des bourgeons, ou des séries de bourgeons, tous semblables et dans un ordre régulier, quelquefois très-compliqué. Ces bourgeons restent réunis les uns aux autres par une sorte de cordon sarcodique qui les solidarise et en fait un seul animal multiple ou segmenté. En même temps, la coquille s'accroît dans le même ordre et se compose finalement d'autant de chambres ou loges communiquant entre elles qu'il y a de bourgeons. Tantôt les loges s'ajoutent simplement les unes au bout des autres, en ligne droite, la dernière formée coiffant parfois plus ou moins la précédente (*Nodosaria*); tantôt elles se disposent alternativement à droite et à gauche d'un même axe rectiligne (*Textularia*), ou bien s'enroulent en une spirale plane ou oblique (*Rotalia*). Souvent encore, les loges, disposées en spirale plane, se multiplient en même temps en hauteur et forment plusieurs étages; ou bien encore, l'axe de chaque côté duquel elles alternent, se roule en volute. Parfois enfin, les chambres nouvellement formées se pelotonnent dans un ordre beaucoup plus complexe encore et recouvrent complétement les loges de précédente formation. Ajoutons que, quoique semblables les unes aux autres, les loges ne sont pas égales, mais vont le plus souvent en augmentant de grandeur au fur et à mesure qu'elles se forment. Ces merveilles d'arrangement et de symétrie ont de 15 à 16 centièmes de millimètre, mais elles rachètent leur petitesse par leur nombre, car c'est par milliards de milliards qu'on les trouve dans toutes les couches géologiques et dans les sables des mers.

« Qui ne s'effraierait, dit Alc. d'Orbigny, en songeant que le sable de tout le littoral des mers est tellement rempli de ces coquilles microscopiques, si élégantes de forme, qu'on peut dire qu'il en est souvent à moitié composé? Plancus (1) en a compté 6,000 dans une once de sable de l'Adriatique, et nous en avons trouvé jusqu'à 480,000 par 3 grammes (un seul gros) de sable choisi des Antilles,

(1) Plancus Ariminensis *de Conchis minus notis*, 1739.

ou 3,840,000 dans une once. Ces proportions multipliées dans 1 mètre cube, par exemple, dépassent toutes les prévisions humaines, et grossissent tellement le nombre des décimales qu'on a de la peine à le saisir; mais que sera-ce pour peu qu'on l'étende à l'immensité de la surface des côtes maritimes du globe? Dès lors on aura la certitude qu'aucune autre série d'êtres ne peut se comparer à celle-ci par le nombre. »

« Voulons-nous voir quel rôle peuvent jouer dans la nature les petits corps qui nous occupent et dont moitié n'atteignent qu'une moitié ou un sixième de millimètre? — Nous n'aurons pas moins lieu de nous étonner. L'étude que nous avons faite du sable de toutes les parties du monde nous a démontré que leurs restes forment en grande partie des bancs qui gênent la navigation, viennent obstruer les golfes et les détroits, combler les ports (nous en avons la preuve par celui d'Alexandrie) et forment, avec les coraux, ces îles qui surgissent tous les jours au sein des régions chaudes du grand Océan. Si l'on juge du rôle actuel des Foraminifères par ce qu'on voit dans les couches de la terre, on se convaincra de ce que nous venons d'avancer pour les espèces vivantes... A l'époque des terrains carbonifères, une seule espèce du genre *Fusalina* a formé, en Russie, des bancs énormes de calcaire. Les terrains crétacés en montrent une immense quantité dans la craie blanche, depuis la Champagne jusqu'en Angleterre. Les terrains tertiaires plus que tous les autres viendront nous en donner la preuve évidente, témoin les Nummulites dont est bâtie la plus grande des Pyramides d'Egypte, le nombre prodigieux des Foraminifères des bassins tertiaires de la Gironde, de l'Autriche, de l'Italie et surtout les calcaires grossiers du vaste bassin Parisien. Ces couches dans certaines parties, en sont tellement pétries, que 27 millimètres cubes (1 pouce), des carrières de Gentilly, nous en ont offert plus de 58,000 et cela dans des couches d'une grande puissance, résultat qui fait supposer par mètre cube à peu près 3,000,000,000. On peut donc en conclure sans exagération que la capitale de la France est presque bâtie avec des Foraminifères ainsi que les villes et les villages de quelques-uns des départements qui l'avoisinent. Ainsi ces coquilles à peine saisissables à la vue simple changent aujour-

d'hui la profondeur des eaux de la mer, et ont, aux diverses époques géologiques, comblé des bassins d'une étendue considérable. »

Ainsi, les Foraminifères paraissent jouer dans le règne animal le même rôle que les Diatomées dans le règne végétal et avoir, par leur nombre, une importance analogue dans les phénomènes naturels. Comme les Diatomées, ces êtres sont excessivement simples, et, comme elles, ne présentent de remarquable que leur enveloppe.

Cette enveloppe est, nous l'avons dit, une coquille calcaire à nombreuses loges dont la forme générale, spirale, héliçoïde, arrondie ou allongée, etc., rappelle beaucoup celle de certains Mollusques Gastéropodes avec lesquels les Foraminifères ont été longtemps confondus, jusqu'à ce que A. d'Orbigny en ait fait une étude approfondie qui les a placés beaucoup plus bas sur l'échelle animale, à côté des Polypes et des Rayonnés.

Cette coquille calcaire peut se présenter sous deux aspects, sous celui d'une matière d'un blanc opaque, sans structure apparente, et analogue à la porcelaine, ou sous celui d'une substance transparente et vitreuse. Réduite en lames minces, la matière des coquilles du type porcelanique, vue par transparence, est jaune ou brune, homogène ; celle des coquilles du type vitreux est ordinairement incolore (quelquefois cependant colorée en écarlate, dans les Rotalines). Mais, de plus, ces coquilles se révèlent comme perforées d'une multitude de pores ou de canaux qui les traversent entièrement de l'intérieur à l'extérieur. Si les coquilles porcelaniques présentent à leur surface des ponctuations plus ou moins saillantes ou déprimées, celles-ci ne représentent que des broderies et ne sont pas perforées. Les canaux des coquilles vitreuses peuvent être assez grands et espacés ou bien excessivement fins et serrés, ce qui donne à la substance calcaire une opacité particulière ; certaines parties ou bandes ne portent pas de perforation parce qu'elles correspondent aux cloisons interloculaires. C'est par ces pores, quelque fins qu'ils soient, que s'étendent les pseudopodes rayonnants de l'animal.

Cette différence de structure dans les coquilles indique des conditions physiologiques différentes dans le mode d'existence des Rhizopodes qui les habitent. Chaque segment de l'animal enfermé dans

une coquille vitreuse peut se mettre en rapport, grâce aux tubes dont cette coquille est perforée, avec le milieu ambiant, tandis que l'animal inclus dans une coquille porcelanique et non poreuse ne peut se mettre en rapport avec l'extérieur que par l'ouverture de sa dernière loge ; le seul segment placé dans cette loge peut étendre ses pseudopodes et puiser la nourriture que tous les segments antérieurs ne reçoivent que par son intermédiaire et grâce au cordon, ou *stolon*, sur lequel sont portés tous ces segments.

Il arrive aussi, notamment dans les formes compliquées du type vitreux, que chaque segment est enveloppé, dans sa loge, d'une couche calcaire qui lui est particulière, et, entre cette couche et la coquille commune, il s'accumule ordinairement une certaine quantité de matière minérale.

Enfin, il est excessivement remarquable que certaines espèces appartenant aux genres à coquille porcelanique et à coquille vitreuse, mais surtout aux premiers, peuvent bâtir leurs loges à l'aide d'une tout autre matière: le sable, cimenté par une sécrétion propre à l'animal et employée en aussi petite quantité que possible. C'est surtout dans les sables des fonds marins, que la sonde rapporte des profondeurs de 1,500 à 2,500 brasses, qu'on trouve ces formes à coquille arénacée, dans lesquelles la présence du phosphate de fer est quelquefois évidente. D'ailleurs, les éléments de leur construction varient avec la nature des fonds sur lesquels vivent les Foraminifères, ici les grains de sable siliceux, là le sable calcaire ou les spicules d'Éponges qui sont très-abondants sur certains bancs, Quelques-unes de ces formes arénacées sont monoloculaires et correspondent aux Rhizopodes à coquille simple dont nous avons parlé antérieurement, *Gromies*, etc. (voy. pages 628 et 629). M. A. d'Orbigny compose, du reste, avec ces dernières espèces sa première classe des Foraminifères. Les autres représentent les types des espèces multiloculaires connues, *Nodosaria*, *Operculina*, etc. On désigne cette classe de Foraminifères sous le nom de **Lituolidés**.

« Il n'est rien, il me semble, dit Carpenter, de plus admirable dans la nature que la construction de ces édifices symétriques et difficiles pour ces « atomes gélatineux » qui ne présentent nulle part une trace de cette organisation définie que nous sommes habitués

à regarder comme nécessaire aux manifestations de la vie consciente. Supposez que l'on place un maçon humain devant une pile de pierres de toutes formes et de toutes tailles et qu'on lui dise de bâtir un dôme, poli sur ses deux surfaces, avec ces pierres, et la plus petite quantité possible d'un mortier très-tenace et très-coûteux, pour cimenter les pierres. S'il y réussit, il sera renommé pour sa grande intelligence et son adresse. Cependant c'est exactement ce que font en petit ces chétifs atômes de gelée. Les tests qu'ils construisent, quand la lentille les a grossis, supportent la comparaison avec la plus belle maçonnerie humaine. Dans le même fond de sable, une espèce choisit les plus gros grains, les cimente avec du phosphate de fer, secrété de sa propre substance, et construit une coquille en forme de bouteille terminée par un court bec percé d'un seul et large orifice. Une autre ramasse les grains plus fins et, à l'aide du même ciment, en fait une sphère parfaite, d'un fini extraordinaire et percée de nombreux petits pores à des distances régulières. Cette autre choisit les plus petits grains et les extrémités des spicules d'Éponges et les réunit, à ce qu'il semble, sans aucun ciment, mais par les pointes des spicules, en une petite sphère blanche, comme un globule homœopathique, percée d'une seule fente. Une autre enfin, qui construit une coquille droite à plusieurs chambres, l'extrémité conique de chaque chambre pénétrant dans la cavité de la chambre suivante, forme les parois de chacune d'elles avec des grains de sable ordinaires assez peu serrés, et maçonne le bec des différentes chambres successives en cimentant solidement les grains qui le bordent. Donner à ces actions le nom « d'instinctives » ne nous en rend aucun compte ; car ce qui nous manque, c'est de savoir le mécanisme à l'aide duquel elles sont exécutées, et il nous est bien difficile de concevoir comment un choix de matériaux aussi appropriés peut être fait par des êtres aussi simples. »

Parmi les formes à coquille imperforée (porcelanique), nous citerons les **Miliolidés**, comprenant des animaux à tests tournés en spirale plane, sans division interne, ou bien en spirale allongée dont chaque demi-tour forme une loge ; telles sont les *Miliola*, *Spiroloculina*, qui se trouvent dans tous les sables de nos côtes et forment

les dépôts énormes de calcaire dont sont presque entièrement composés les terrains du bassin parisien (fig. 237). Ce sont les *Miliolites* des géologues, ayant l'aspect d'un grain de millet. Il arrive souvent que les derniers tours de spire s'étendent par-dessus les précédents, de manière à les masquer plus ou moins complétement. Ce développement peut se faire inégalement des deux côtés, de sorte qu'on peut voir un plus grand nombre de chambres d'un côté que de l'autre.

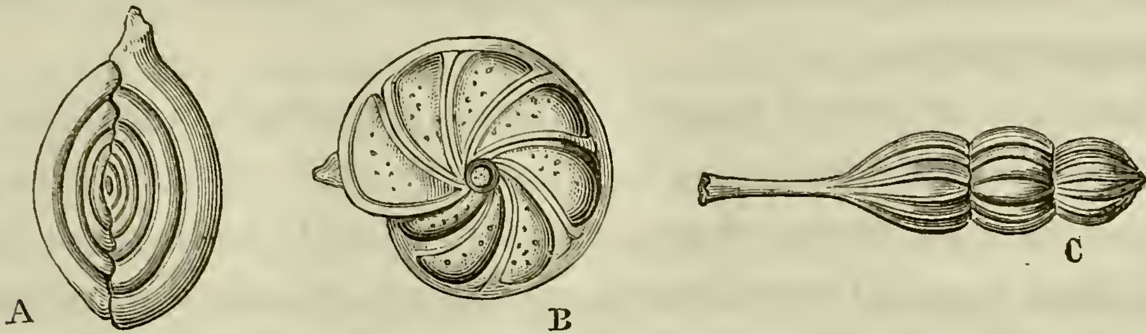


Fig. 237. — A, *Spiroloculina;* B, *Cristellaria;* C, *Nodosaria.*

La Miliolite est dite *Triloculina* ou *Quinqueloculina*, suivant le nombre de chambres visibles extérieurement. Dans les *Peneroplis*, les chambres se contournent en spirale les unes au-devant des autres en s'agrandissant et en se redressant de plus en plus, si bien que la coquille qui a commencé en spirale plane finit en tablette coupée par des bandes à peu près droites qui correspondent aux cloisons. La dernière loge présente, sur sa paroi externe, un rang de pores qui donnent passage aux pseudopodes. Dans d'autres espèces, la spire continue en agrandissant toujours les articles ou segments qui la composent. Dans les *Orbitolites* l'accroissement commence en spirale plane, mais bientôt se continue en cercles concentriques, chaque cercle se composant d'une série de chambres occupées par des bourgeons nés en même temps du Rhizopode intérieur, bourgeons reliés entre eux par un cordon circulaire qui traverse toutes les chambres, et par des cordons rayonnants qui les unissent aux segments des cercles intérieurs. La surface externe du dernier tour porte les trous pour le passage des filaments pseudopodiques. Cette coquille se trouve aussi en grande abondance dans les couches les

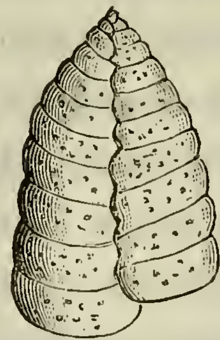


Fig. 238. *Textularia.*

plus anciennes du terrain Parisien, mais on en a trouvé récemment des exemplaires larges de plusieurs centimètres dans les sables de l'Australie, des îles de la Polynésie, des Philippines, de la mer Rouge, de la Méditerranée et de l'Archipel. Ce Foraminifère se rencontre aussi groupé en coquilles à plusieurs étages, chaque segment bourgeonnant à la fois en haut, en bas et en dehors. Cette disposition rappelle celle des Diatomées discoïdes, *Coscinodiscus* et autres, que quelques micrographes regardent comme des Foraminifères méconnus.

Parmi les espèces à coquille vitreuse et perforée sur toute sa surface, nous signalerons les *Nodosaria* (fig. 237, C) dont le test est disposé en ligne droite, chaque chambre ayant la forme d'une bouteille dont le goulot entre dans la cavité de la chambre de nouvelle formation. Dans les *Cristellaria*, l'organisation est la même, mais les chambres se disposent en spirale nautiloïde (fig. 237, B). Les *Globigerina* sont formées de sphères d'un diamètre de plus en plus grand, tournant aussi en spirale, communiquant entre elles et s'abouchant toutes, par une ouverture séparée, dans un vestibule commun situé au centre du côté inférieur de la spire. Le fond de l'océan Atlantique, à des profondeurs de 1,300 à 2,000 brasses, est en grande partie composé de ces coquilles, disposées par couches successives dont les plus profondes sont mortes et les supérieures vivantes. Dans les *Textularia*, on trouve les chambres disposées alternativement, et régulièrement croissantes, à droite et à gauche d'un axe rectiligne (fig. 238). Les *Rotalia*, dont les chambres tournent en spirale, ont une structure assez complexe, chaque chambre étant composée de deux lames calcaires entre lesquelles circulent des espaces canaliculaires allant du centre à la périphérie.

Les coquilles fossiles connues des géologues sous le nom de *Nummulites* et des micrographes sous celui de *Nummulina* sont des Foraminifères à spire nautiloïde, dont chaque loge présente aussi une double paroi et un système de canalicules entre ces parois. On ne trouve guère des espèces vivantes de ce groupe que dans les climats tropicaux, mais les Nummulites fossiles offrent des exemplaires de dimensions considérables, 3 centimètres et même jusqu'à 12 centimètres. Les calcaires à Nummulites forment des

dépôts énormes. Les pyramides d'Égypte sont bâties avec ce calcaire, et l'on en retrouve des bancs le long des côtes de l'océan Atlantique en Europe et en Afrique, du grand Océan et du Pacifique dans l'Asie occidentale, au nord de l'Inde, de la Chine, et dans l'Amérique septentrionale. Elles ont la forme d'une lentille biconvexe, composée de tours de spire se recouvrant entièrement l'un l'autre, mais laissant entre eux des espaces vides soutenus par des piliers qui ne sont pas perforés de tubes comme toute la surface des loges (*Nummulina lævigata*). Les *Polystomella* représentent un type voisin, fort élégant, et qu'on trouve à l'état vivant sur nos côtes (*P. crispa*). Les *Orbitolites*, autres coquilles fossiles qu'on rencontre dans le calcaire à Nummulites du Midi de la France, appartiennent aussi à cette famille caractérisée par les lacunes existant entre les circonvolutions de la spire.

Il faudrait un volume pour décrire les formes multiples présentées par les innombrables espèces de Foraminifères, espèces qui, comme celles des Diatomées, doivent sans doute être réduites, car les formes qu'on leur donne pour caractères distinctifs sont très-variables, et l'on trouve entre elles un très-grand nombre de types de transition qui atténuent beaucoup la valeur des caractères spécifiques. A. d'Orbigny qui, le premier, établit une classification méthodique dans le chaos de ces coquillages minuscules, avait déjà remarqué, d'ailleurs, que le mode de développement d'une même espèce, mode dont dépend la forme de la coquille, change très-souvent avec l'âge de l'animal et tend toujours à se simplifier. Les progrès de la micrographie ont apporté de grandes modifications au système de d'Orbigny, système qui méconnaissait la différence essentielle existant entre les Foraminifères à test tubulé (vitreux) et ceux dont le test est compacte. Néanmoins, cette classification, commode au point de vue pratique pour la détermination des genres, mérite d'être rappelée ici, au moins dans ses bases, quoiqu'elle soit loin de renfermer tous les genres qui ont été établis depuis lors.

A. d'Orbigny fondait sa classification sur la forme du test et la disposition des loges qui impliquent la forme et le mode de développement du Rhizopode. Sa première classe, celle des MONOSTÈGUES, contenait les Rhizopodes testacés, uniloculaires, dont nous avons

parlé antérieurement (V. p. 628) (*Gromia*, etc.). La seconde, celle des Stichostègues comprenait les espèces à loges placées sur une seule ligne droite ou courbe (*Nodosaria*, etc.). La troisième, des Hélicostègues, contenait les espèces à loges assemblées sur un seul axe tourné en spirale, équilatérale ou nautiloïde (*Nummulina*), ou bien inéquilatérale ou turbinoïde (*Globigerina*).

La classe des Entomostègues était formée d'espèces à coquilles dont les segments, alternants sur deux axes, s'enroulent en spirale (*Heterostegina*), et celle des Enallostègues des espèces composées de même, mais dont les axes ne s'enroulent pas en spirale (*Textularia*). Enfin, la classe des Agathistègues comprenait les espèces à loges assemblées par pelotonnement autour d'un axe commun, chacune formant la moitié de la circonférence (*Miliolida*, *Spiroloculina*).

Quant au mode de reproduction des Foraminifères, il est peu ou point connu. On sait, cependant, qu'en coupant un de ces petits êtres en deux morceaux, on ne le tue pas : chaque morceau reconstitue la partie du sarcode et du test qui lui manque, et l'on a deux animaux au lieu d'un. Il est donc probable que la multiplication se fait par division ou par bourgeons qui se détachent, Amibes isolés, et ne tardent pas à se recouvrir d'un test pour former des bourgeons adhérents.

II. — Les Polycystines.

Il n'est pas possible de séparer les Polycystines des Foraminifères ; comme ceux-ci, elles consistent en une admirable petite coquille, régulière, mesurant de $0^{mm},05$ à $0^{mm},30$, ne contenant qu'une seule loge et habitée par un Rhizopode d'un brun verdâtre, quelquefois rouge, sans autre organe apparent que des pseudopodes plus ou moins nombreux, sortant par les trous symétriquement disposés dont est perforée la coquille ; mais cette coquille, elle-même, n'est plus calcaire comme celle des Foraminifères, chitineuse comme celle des Rhizopodes à cuirasse, *Arcella* et autres ; elle est siliceuse comme la carapace des Diatomées, marquée aussi de sculptures

d'une rare élégance, de larges pores régulièrement placés et de fins réseaux, qui font de l'examen des Polycystines avec le microscope binoculaire, sur champ noir, une des plus intéressantes distractions du micrographe.

Aussi répandues que les Foraminifères dans le sable des mers et dans les vases que ramène la sonde des profondeurs des océans (de 1000 à 3000 brasses), elles n'ont été, en raison de leur petitesse, découvertes que beaucoup plus tard, par Ehrenberg, dans les sables de Cuxhaven, sur la mer du Nord, et, depuis, trouvées dans la Méditerranée, la Mer Adriatique, l'océan Indien, soit vivantes, soit à l'état fossile, dans les dépôts diatomifères d'Oran, des Bermudes, de la Barbade, de Richmond, etc. Leurs formes sont excessivement variées : parfois exactement sphériques, discoïdes, elles sont le plus souvent ornées de pointes, de rayons, de cornes, de prolongements qui leur donnent l'aspect d'étoiles, de fuseaux, de casques, de lanternes, de chapeaux, de couronnes, de tiares, etc., etc. Mais il arrive souvent, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer à propos des Diatomées et des Foraminifères, qu'entre deux formes qui paraissent très-différentes, on trouve des types de transition tellement gradués que les distinctions en genres et en espèces, lesquelles ne peuvent jusqu'à ce jour être établies que sur des différences de formes, paraissent reposer sur des bases peu solides.

Parmi les formes que l'on rencontre le plus souvent, la plus commune est celle de la sphère, de diamètre très-variable, et percée de trous réguliers de différentes grandeurs, ou bien des étoiles formées d'un disque lenticulaire hérissé de petites pointes, ceint d'une zone de grandes dents et perforé d'une infinité de petits trous (*Haliomma Humboldtii*) (fig. 239).

Les *Stylodyctia* présentent aussi un disque percé de trous arrondis, réguliers, duquel rayonnent de longs stylets aigus disposés comme la *rose des vents* (*St. gracilis*). Le *Lychnocanium lucerna* est pyriforme, terminé par un renflement surmonté d'une pointe et couronné de trois autres pointes semblables (fig. 240). Les *Astromma* offrent aussi des pointes en nombre variable, et l'on a établi sur le nombre de ces prolongements des divisions spécifiques

de peu de valeur. L'*Astromma Aristotelis* est une Polycystine de grande taille (0^{mm},30) et ornée de quatre pointes, etc.

Il faut remarquer, d'ailleurs, que ces délicats petits chefs-d'œuvre sont souvent mutilés et que les détails de leurs sculptures venant à manquer, leur aspect extérieur peut changer notablement.

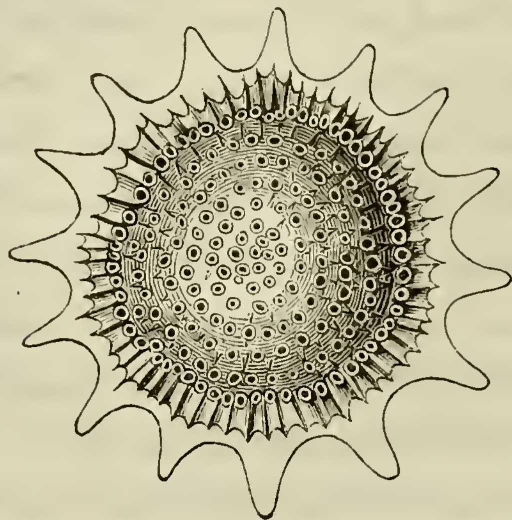


Fig. 239. — *Haliomma Humboldtii.*

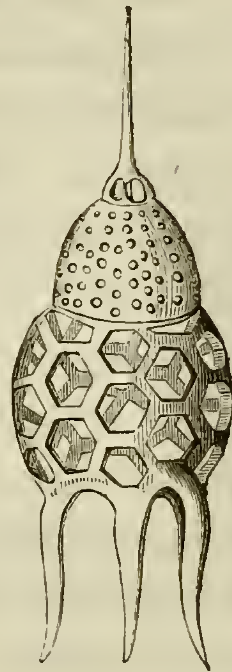


Fig. 240. — *Lychnocanium lucerna.*

C'est encore à côté des Polycystines qu'il faut placer les Acantomètres, Rhizopodes qui établissent une transition entre les Polycystines et les Éponges, et sont munis d'une coquille régulière comme celle des Polycystines, mais en partie interne et devenant un squelette. C'est ainsi que l'*Acanthometra echinoides* des côtes de Norwége, présente un système de longs et fins stylets rayonnants autour d'un centre, et l'animal occupe l'espace laissé entre les bases de ces pointes dont les extrémités se prolongent beaucoup au-dessus de lui. Il est enveloppé par une membrane semblable à celle des Actinophrys et que traversent les pseudopodes, membrane recouverte elle-même par une couche d'une nature mucilagineuse. Les rayons de ce squelette étoilé, moitié interne, moitié externe, portent, à des distances égales, des groupes, rayonnants aussi, de *spicules*, épines plus petites, garnies elles-mêmes sur leurs bords de pointes en dents de scie.

Préparation. — La récolte des Foraminifères et des Polycysti-

nes, n'est pas difficile puisqu'elle consiste à recueillir les sables et les vases de mer, les terres fossiles qui les renferment, et à opérer un triage pour les séparer des grains de sables, débris et autres matières étrangères. On trouve des Foraminifères vivants dans les vases des bancs et des parcs d'huîtres, dans les sables que les marées laissent sur les plages en stries parallèles. On peut les obtenir en abondance en agitant les vases marines, dont on n'a récolté que la surface, dans de l'eau qu'on décante après l'avoir laissée reposer pendant quelques instants. Les corpuscules les plus lourds, et les Foraminifères vivants sont de ce nombre, se déposent les premiers ; on peut ainsi en opérer une séparation suffisante à l'aide de trois ou quatre lavages du même genre. Dans le dépôt de la première eau décantée, on peut trouver aussi les espèces les plus légères.

Les Foraminifères morts, réduits à l'état de test, pourront être isolés en chauffant les sables dans un four pendant quelques heures ; on a soin de les retourner de temps à autre pour les bien faire sécher, puis on les laisse refroidir et on les agite dans un vase plein d'eau. Les coquilles étant alors pleines d'air deviennent les corps les plus légers, et ce sont les sables et les débris qui se déposent les premiers, et, par une suite de lavages de ce genre, on opère un triage suffisant.

Le triage étant opéré, soit pour les coquilles vivantes, soit pour les coquilles vides, on le termine sous la loupe, le microscope simple ou le microscope composé à faible grossissement et muni d'un prisme redresseur, avec un pinceau à pointe fine dont on mouille l'extrémité. On transporte ainsi les Foraminifères et les Polycystines sur le porte-objet, en les disposant dans différentes attitudes, afin de pouvoir les examiner sous toutes les faces, notamment du côté de l'ouverture ou de la *bouche* de la coquille.

M. Leggs a conseillé de séparer les Polycystines et les Foraminifères, non-seulement des sables et des débris de toutes sortes qui les accompagnent, mais encore d'en isoler les différentes espèces en se servant de tamis de toile métallique formés de 10, 20, 40, 70 et 100 fils dans l'espace d'un pouce (26 millimètres).

Enfin, on trouve des Foraminifères vivants fixés aux plantes ma-

rines et aux coquilles des mollusques dont on peut les séparer facilement. Quant aux fossiles, qui sont parfois de grande taille, les Nummilites par exemple, il est souvent utile de les fracturer, pour en observer les sections. On peut obtenir de bons résultats en les frappant à coups de marteau, surtout après les avoir chauffés dans la flamme d'une lampe à alcool et plongés dans l'eau froide. On peut encore les ramollir en les faisant bouillir longtemps dans des solutions d'alcalis caustiques. On peut aussi obtenir des sections minces en usant le fossile sur une pierre du Levant.

Pour étudier l'animal caché sous la coquille des Foraminifères, on dissout cette dernière, par la macération dans un acide étendu, et souvent la vue de l'animal et de ses segments suffit à expliquer la forme la plus compliquée de la coquille. Pour les Polycystines, qui sont siliceuses, on ne peut dissoudre le test et l'on est forcé d'étudier l'animal par transparence.

Les Foraminifères et les Polycystines montées dans le baume du Canada, sur fond noir, forment les plus jolies préparations à examiner avec le microscope binoculaire, et les Polycystines, particulièrement, n'ont point de rivales pour ce genre d'observations. Leur aspect est encore plus remarquable lorsqu'on les a calcinées sur une lame de platine au-dessus de la lampe à alcool, ce qui leur donne une blancheur et une opacité d'ivoire ou d'émail.

L'étude par transparence est utile, néanmoins, pour observer les détails de structure de ces charmantes petites coquilles. Aussi, les monte-t-on dans le baume du Canada, après avoir eu soin de les laisser longtemps tremper dans l'essence de térébenthine pour chasser les bulles d'air qui, autrement, les rempliraient en entier et les rendraient opaques. On les plonge dans le baume alors qu'elles renferment encore dans leur intérieur de la térébenthine que le Baume dissout peu à peu et remplace.

Il est inutile d'ajouter qu'on ne peut les examiner dans leur ensemble qu'avec de faibles grossissements, soit avec le microscope monoculaire, soit, ce qui est préférable, avec le binoculaire sur champ noir. Mais les détails du test, les canaux poreux des Foraminifères vitreux pourront être étudiés avec des grossissements plus considérables et même avec des objectifs à grands angles d'ouverture.

CHAPITRE VI

LES ZOOPHYTES

I. — Les Éponges.

Les Éponges constituent une série d'êtres qui forment une transition naturelle des Rhizopodes aux POLYPES proprement dits. Elles ont été longtemps considérées comme des plantes, et c'est au microscope que l'on doit la connaissance de leur véritable organisation.

Cette organisation est, d'ailleurs, fort simple. Elle est constituée par un réseau inextricable de fibres de nature cornée, composant une masse parcourue par des canaux de toutes formes, des excavations et des chambres s'ouvrant au dehors par des pores ou *oscules* plus ou moins larges, et parcourus par l'eau dans laquelle vivent ces animaux, qui, sauf un seul genre (*Spongilla*), sont tous marins. Dans ce squelette fibreux sont implantées de diverses manières des aiguilles ordinairement siliceuses, quelquefois calcaires, et qu'on appelle *spicules*. Ces aiguilles ont les formes les plus variées ; elles représentent tantôt des épingles, tantôt des ancres à deux, trois ou plusieurs crochets, tantôt des étoiles, tantôt des bâtonnets qui paraissent articulés et ressemblent à des cristaux. Les cavités formées par la masse spongiaire sont tapissées par une matière gélatineuse, animale, déposée en couche fort mince à la surface du squelette fibreux. C'est une agrégation d'animaux semblables à des Amibes, chez lesquels on a souvent constaté des mouvements amibiformes et même quelquefois la présence de cils vibratiles dont le mouvement détermine un courant d'eau continuel dans l'intérieur des canaux et des chambres. Ces animalcules ont été bien reconnus dans une Éponge d'eau douce, espèce américaine, étudiée par M. H. J. Clark.

Chez certaines Éponges, le squelette est entièrement constitué par un réseau siliceux d'une grande solidité et d'une admirable délicatesse de construction. Ce réseau paraît souvent formé par des agré-

gations de spicules en étoiles à 6 rayons. Telle est l'*Euplectella*, de Manille, qui a la forme d'une corne d'abondance fermée par un couvercle et fixée au rocher par un groupe de longs filaments. La même Éponge peut contenir des spicules de formes différentes, et, dans certains cas, elle n'est formée que d'une agglomération de spi-

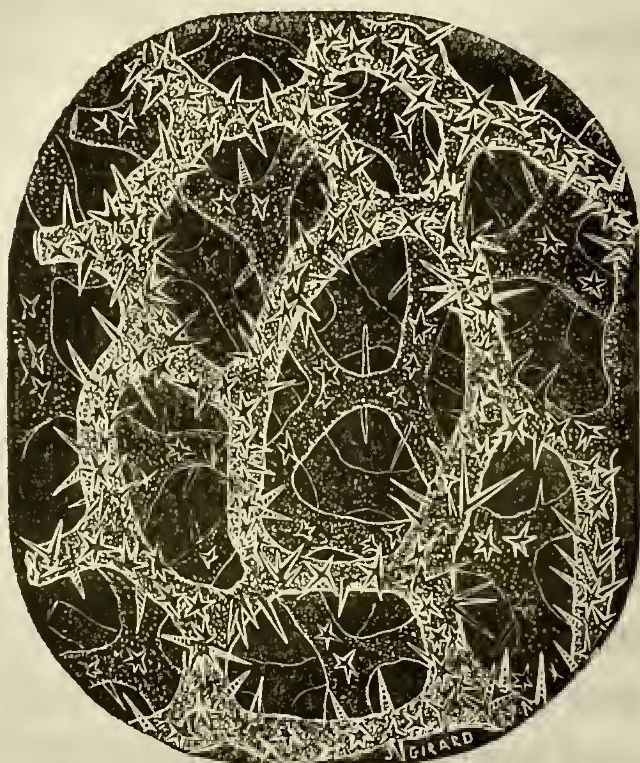


Fig. 241. — Coupe d'une Éponge montrant le réseau fibreux hérissé de spicules (grossiss. 150 diam.).



Fig. 242. — Spicules d'Éponges mêlés à quelques Polycystines (grossiss. 300 diam.).

cules épars dans une masse sarcodique. Tel est le *Grantia*, dont les spicules sont composés de carbonate de chaux, tandis que dans le *Dusideia fragilis*, il n'y a pas de spicules, mais un amas de grains de sable sensiblement de volume uniforme. Enfin, toutes les Éponges ne paraissent pas contenir des spicules en même quantité, car celles qu'on emploie pour les usages domestiques sont d'autant plus recherchées qu'elles en contiennent moins.

La reproduction de ces êtres est encore incomplètement connue. Cependant, il est constaté qu'à certaines époques, les Éponges émettent des *gemmes* ou bourgeons qui sont doués de mouvement et même munis de cils vibratiles et qui vont se fixer au loin, et y commencer, par le développement des spicules, la formation de nouvelles Éponges. Mais, à d'autres moments, on trouve dans la masse spongiaire une grande quantité de petites capsules jaunâtres, garnies

de spicules disposés régulièrement, et qui paraissent être de véritables œufs. On les observe facilement sur le *Spongilla fluviatilis*, petite Éponge d'eau douce qui n'est malheureusement pas très-commune. Ces œufs seraient le produit d'une génération sexuée. Ils conservent pendant longtemps leur faculté d'éclosion, résistent au froid et, jusqu'à un certain point, à la dessiccation. Par leur segmentation et la rupture de leur enveloppe, ils donnent naissance à un certain nombre d'animalcules amibiformes qui se groupent comme les grains d'une mûre, et dans l'intérieur desquels se développe bientôt une cavité stomacale, soit par invagination de la couche externe, soit par formation directe d'une cavité interne. Puis, dans l'épaisseur de la membrane, le squelette fibreux prend naissance pendant que les cavités se ramifient, s'étendent et s'anastomosent ; et une nouvelle Éponge a pris naissance.

Les espèces d'Éponges sont très-nombreuses et prennent souvent des dimensions considérables. On trouve des Éponges fossiles, comme les *Ventriculites*, dans les terrains crétacés, et l'on reconnaît, dans certaines Agates, Chalcédoines et dans des Jaspes de l'Inde, de nombreux spicules de différentes formes, minéralisés par la silice.

Préparation. — On peut étudier la structure des Éponges sur l'Éponge d'eau douce (*Spongilla fluviatilis*) qu'on trouve sur les bois, les troncs d'arbres submergés et souvent, en exemplaires de petit volume, sur les feuilles et les tiges de *Ceratophyllum*. Ces Spongiaires peuvent être conservés en aquarium, mais à la condition de les entretenir dans une grande quantité d'eau, car ils se putréfient très-facilement et exhalent une odeur infecte, quand ils ne trouvent pas autour d'eux un volume d'eau suffisant.

Des coupes minces pratiquées dans les Éponges marines, préalablement comprimées, montreront très-bien, sous un grossissement moyen, et sur champ noir, particulièrement, la structure du réseau, et les spicules. Le mouvement des cils vibratiles s'observe plus facilement chez les *Grantia* que chez la plupart des autres espèces, sur des coupes minces avec un objectif n° 5 de Nachet, 8 ou 9 de Hartnack, 1/8 ou 1/10 de pouce de Beck, ou Swift, E. de Zeiss.

Pour étudier les spicules, on peut dissoudre la matière organique

par l'ébullition ou la macération dans l'acide nitrique ou nitro-chlorhydrique si le squelette est siliceux, dans une solution concentrée de potasse s'il est calcaire. On monte les spicules dans le baume du Canada.

II. — Les Polypes.

On désigne sous le nom de Polypes ou Anthozoaires des animaux dont le corps cylindrique ou ovalaire ne contient qu'une cavité, ou estomac, communiquant avec l'extérieur par une ouverture qui sert de bouche et d'anus, et qui est entourée d'une couronne de tentacules sans cils vibratiles. Les organes reproducteurs sont contenus dans des dépendances de la cavité gastrique.

On divise, en général, les Polypes, qui sont presque tous marins, en Polypes **Hydraires** dont le type est l'*Hydre d'eau douce*, en **Alcyoniens** dont le type est le *Corail*, et en **Zoanthaires** qui contiennent les *Actinies* ou « Anémones de mer » et les *Madrépores*.

Les Polypes **Hydraires** ou **Hydrozoaires**, dont la taille est ordinairement fort petite, offrent un grand intérêt pour le micrographe, et notamment les Hydres d'eau douce, dont on trouve plusieurs espèces dans les eaux dormantes (1). Les plus connues sont l'Hydre vulgaire (*H. vulgaris*), l'Hydre verte (*H. viridis*) et l'Hydre brune (*H. fusca*).

Ces petits Polypes, qui n'ont quelquefois qu'un millimètre ou deux de longueur, ont été étudiés par Leeuwenhoëck, Tremblay, Hincks et beaucoup d'autres zoologistes, enfin par le Dr Laurent. Ils consistent en un petit tube creusé d'une cavité qui est l'estomac, fermé à la partie inférieure et ouvert à la partie supérieure. Cette ouverture est la bouche et, en même temps, l'anus. Autour de la bouche règne une sorte de bourrelet qui porte de 6 à 10 tentacules, suivant les espèces. Ces tentacules sont très-extensibles. Quand le Polype guette sa proie, ils peuvent prendre, dans l'*Hydra fusca,* une longueur de plusieurs fois supérieure à celle du corps; quand il est

(1) On trouve l'*Hydra vulgaris*, dans presque toutes les mares des environs de Paris, dans les bassins du Muséum et même dans la Seine.

repu, les tentacules se contractent et n'apparaissent plus que comme autant de petits boutons autour de la bouche. Quand on les examine avec attention, on reconnaît que ces *bras* sont garnis de petits mamelons formés par des groupes de cellules à filament, *cellules urticantes*, entourant une plus grande cellule munie d'un long spicule. Ces petits organes sont destinés à augmenter la force de préhension des tentacules, d'autant plus que les spicules s'enfoncent dans les chairs de la proie vivante et, peut-être, y déversent un venin. Aussi, les animalcules les plus actifs, les Daphnies, les Monocles, etc., s'ils viennent à toucher les bras étendus du Polype, sont-ils immédiatement happés au passage, saisis entre ses tentacules et plongés dans son estomac où l'on peut les voir remuer encore pendant un certain temps ; mais bientôt ils sont dissous, et leur carapace est rejetée par la bouche de l'Hydre (fig. 243).

Les Hydres ne sont pas fixées. Elles s'attachent par l'extrémité inférieure de leur corps, élargie en disque, mais elles peuvent lâcher leur support et se laisser flotter dans l'eau à la recherche d'un meilleur poste et surtout, à ce qu'il semble, à la recherche de la lumière. Elles peuvent aussi glisser ou ramper avec leur disque sur le corps auquel elles se sont attachées.

Ce sont des animaux d'une simplicité extrême, et il ne paraît pas que la masse sarcodique qui compose leur tube soit bien différenciée, car Tremblay et après lui Allman, Bory de St-Vincent, le Dr Laurent ont pu retourner certaines grandes espèces (*H. fusca*), comme un gant, de manière à mettre à l'extérieur la surface interne de l'estomac et le tégument à l'intérieur, sans que l'animal ait cessé de vivre et de digérer.

Cependant, il est certain qu'on observe une circulation dans certaines parties de la paroi du tube, et notamment dans le voisinage des points où vont naître des bourgeons. Ce qui n'empêche pas, toutefois, que si l'on coupe une Hydre en plusieurs morceaux, chacun se complète bientôt et reconstitue un animal entier (Tremblay).

Les Hydres, en effet, comme tous les Polypes, se reproduisent par bourgeon, ainsi que Leeuwenhoëk l'avait constaté dès 1703. Vers la partie inférieure du tube, près du point où finit la cavité digestive, il se forme un mamelon qui s'accroît rapidement, se creuse d'une

cavité communicant avec l'estomac de l'Hydre, s'allonge, pendant qu'une ouverture, ou bouche, se forme à son sommet autour duquel poussent des tentacules. Un peu plus tard, la communication entre l'estomac de l'Hydre et celui du bourgeon se ferme, et bientôt celui-ci se détache pour aller se fixer ailleurs.

Mais en dehors de cette propagation par gemmiparité, les Hydres se reproduisent par génération sexuelle. A certaines époques (avril-juillet), si les circonstances sont favorables, il se forme, sous les bras du Polype, des vésicules coniques qui sont des organes mâles, et, dans la paroi du tube, d'autres cellules qui contiennent des œufs. Quelques individus ne portent que des organes mâles, d'autres que des organes femelles; d'autres, enfin, ont des organes mâles et des ovaires. Les uns et les autres se rompent à l'extérieur, et la fécondation a lieu. L'œuf reste d'abord attaché à l'Hydre par un pédoncule ; il est alors recouvert d'une membrane lisse, ou réticulée, ou garnie de spicules, suivant les espèces. Puis, le pédoncule se rompt et l'œuf éclôt, donnant naissance à une jeune Hydre munie d'abord de quatre tentacules. Les œufs produits en automne paraissent n'éclore qu'au printemps suivant.

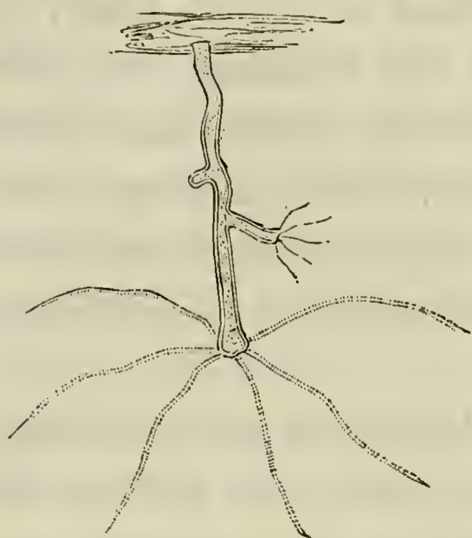


Fig. 243. — *Hydra vulgaris*, fixée par en haut à un corps submergé. Elle porte deux bourgeons à divers états de développement.

Si l'on suppose une Hydre dont les bourgeons ne se sont pas séparés et sont restés réunis à la mère, on aura les *Sertulaires* et les *Campanulaires*, qui sont ainsi des Hydres composées. L'estomac de chaque individu reste réuni, par un canal, à l'estomac de tous les autres, de sorte que la nourriture prise par l'un profite à toute la colonie, mais le tube ou sac qui forme leur corps est revêtu d'une enveloppe cornée plus ou moins dure qui est un acheminement vers les Polypes pierreux et les Madrépores. Tous les individus, se développant ainsi les uns sur les autres, composent des agrégations de formes diverses, et semblent souvent des arbuscules dont l'axe ou la tige, formant le polypier, est constitué par la substance cornée

qui revêt la base de chaque Polype, ou revêtait la base des Polypes antérieurs, qui sont morts, et sur laquelle les Polypes actuels continuent à vivre et à se multiplier. Chaque extrémité de ces ramifications est, dans les *Sertularia*, percée d'une ouverture par laquelle sortent les tentacules des Polypes. Les arbuscules, très-élégants de forme, doués pendant la vie de couleurs vives, dont la taille varie de $0^m,01$ à $0^m,15$ et dont chaque Polype, à l'état d'extension, mesure de $0^m,002$ à $0^m,004$ présentent une circulation dans leur tige commune et dans les ramifications. Les Polypes sont souvent disposés régulièrement, alternes ou opposés de chaque côté d'un axe (*Sertularia abietina*, *S. myriophyllum*, etc.).

Mais, en outre de cette propagation par bourgeons qui ne se séparent pas, ces Polypes se reproduisent encore par des germes mobiles qui nagent librement, subissent une série de transformations des plus remarquables, et finissent par pondre des œufs qui donnent naissance aux Polypes. Et, chose curieuse, ces germes animés et libres ne sont autres que des *Méduses*, animaux que l'on a longtemps crus des êtres définis et qu'on avait rangés dans la classe des Acalèphes. Et il est probable que tous les Acalèphes ne représentent que des phases de développement de divers Polypes avec lesquels leur relation n'a pas encore été reconnue.

Cet étrange phénomène, entrevu par Ellis dès 1750, établi par Dujardin, Dalyell, Siebold, Nordmann, Kœlliker, Van Beneden, est aujourd'hui parfaitement connu dans un grand nombre d'espèces.

Ces Méduses, que connaissent toutes les personnes qui ont fréquenté nos plages maritimes, sont des disques de matière gélatineuse, transparente et irisée, disposés sous la forme d'une cloche dont le battant représente une sorte de trompe terminée par la bouche et par quatre tentacules. A l'extrémité supérieure est l'estomac, et, dans les parois de la cloche, s'étendent quatre canaux, dépendances de l'estomac, sur les côtés desquels se forment les ovaires. Enfin, les bords de la cloche sont frangés d'un rang de filaments.

A certaines époque, le Polype, un *Campanularia*, par exemple, produit, à l'extrémité des rameaux, des capsules contenant des

œufs ou plutôt des germes. On peut considérer ces capsules comme un nouveau rameau ayant subi une transformation et contenant tous les germes des Polypes qui se seraient formés sur lui, en bourgeons, s'il avait pris son développement ordinaire. Ces capsules, en se rompant, donnent naissance à de petites Méduses qui se mettent à nager par les contractions alternatives de leur disque, se développent et subissent quelques changements de forme, jusqu'à ce qu'elles aient atteint leur taille. Alors, des ovaires se forment, soit dans le voisinage de l'estomac, soit dans celui des canaux rayonnants qui s'allongent dans la paroi de leur disque, et des œufs apparaissent dans ces cavités. Une fécondation se produit sans doute, à ce moment, car bientôt le vitellus de ces œufs se segmente, la masse prend un aspect mûriforme, se recouvre de cils vibratiles comme un Infusoire qui, la capsule étant rompue, s'en va en ramant avec ses cils. Il a alors la forme d'un sac, mais bientôt ses cils tombent, une de ses extrémités s'élargit en un disque avec lequel l'animal se fixe sur un rocher, son extrémité supérieure se perce d'un orifice qui se borde de tentacules et un nouveau *Campanularia* est formé, qui va fournir des bourgeons, constituer une colonie d'où émaneront plus tard d'autres Méduses.

C'est ainsi qu'un grand nombre de Méduses, jusqu'ici définies par genres et par espèces, sont maintenant reconnues pour n'être qu'une phase de développement de certains Polypes définis aussi spécifiquement (1). La Méduse appelée *Chrysaora* est la « zoogonidie » de l'*Hydra tuba*, et, dans ce Polype, la production des méduses est fort intéressante. Elle a la forme d'une petite cloche qui se propage par bourgeons articulés les uns sur les autres, mais à une époque favorable, un des Polypes s'allonge en un cylindre dont l'extrémité fixée est gonflée, pendant que l'autre extrémité reste garnie de ses tentacules (fig. 244, A). Bientôt le cylindre s'étrangle par une série d'anneaux et semble articulé. Chacun de ces anneaux, en commen-

(1) On désigne souvent les phénomènes de cet ordre sous le nom de *génération alternante*. Ce terme ne nous paraît pas exact, chacune des formes Polype et Méduse représentant les deux états d'une même génération, l'un résultant d'une *reproduction* sexuelle et l'autre d'une *propagation* par bourgeon. On peut comparer l'animal à une Algue dont le thalle se propage par bourgeons (Polype) et qui émet à certains moments des zoospores (Méduses), lesquelles se segmentent en spores dormantes (œufs de la Méduse), qui germent et reproduisent un thalle. (Polype).

çant par celui qui est le plus près de la bouche, s'agrandit et forme comme une collerette ou un involucre bordé de lobes bifides. Les tentacules qui garnissaient le dernier anneau tombent, tandis qu'il en pousse d'autres autour du renflement campanuliforme qui constitue la base du Polype (B). Puis, sa bouche s'allonge en une sorte de trompe et devient carrée, de circulaire qu'elle était. Cette petite trompe forme le battant de la cloche dont le dernier anneau, ou segment lobé, va former le corps. Et bientôt ce segment se sépare du tronc, emportant la trompe à son milieu. C'est une jeune Méduse, incomplétement formée, qui s'en va, en se contractant, pour continuer, libre, son développement (C). Le second segment, devenu le dernier, subit la même transformation et se sépare à son tour, et successivement tous les segments jusqu'à ce que le renflement campanulé bordé de tentacules reste seul attaché au polypier. La production des Méduses est alors terminée, et le Polype continue à se propager par des bourgeons qui poussent à sa base et ne se séparent plus.

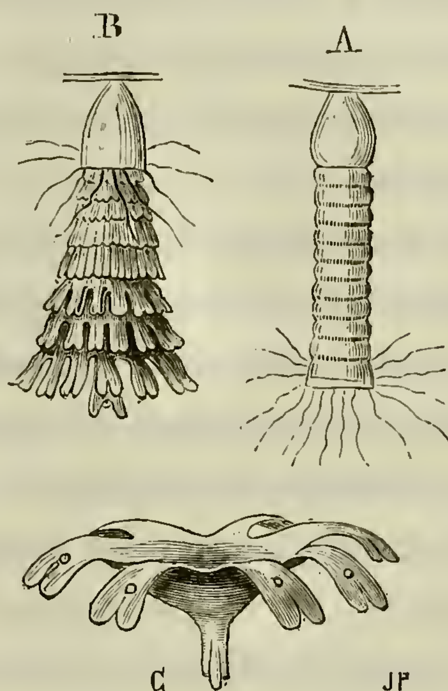


Fig. 244. — Polype Campanulaire produisant ses méduses.

A, premier indice de segmentation. B, formation des méduses; C, jeune méduse libre.

Quant aux petites Méduses qui sont parties, elles sont formées d'un disque campanulé bordé de lobes bifides, et ressemblent à de minuscules parapluies. Mais bientôt les lobes s'effacent en se soudant; chacun, au fond de la dentelure qui le divise, développe un point oculiforme; à chacun des quatre coins de la bouche pousse un court tentacule. Et la Méduse est devenue complète. Elle augmente de taille (quelques Méduses acquièrent jusqu'à 1 mètre de diamètre), et des ovaires se forment dans sa substance; ou bien des organes mâles, car on en trouve qui ne portent que les uns ou les autres de ces organes.

Dans les *Sertularia*, des phénomènes analogues se produisent, mais les Méduses ne se séparent pas des Polypes; elles paraissent,

le plus souvent, réduites à un état rudimentaire ; les unes portent des ovaires et les autres des organes mâles. Quelquefois même, les polypiers tout entiers sont dioïques ; les œufs fécondés donnent naissance à des embryons ciliés qui s'échappent et vont pondre de nouvelles colonies.

Des Polypes **Alcyoniens** et des **Zoanthaires**, animaux tous marins et qui ne sont pas microscopiques, nous dirons peu de chose, leur étude appartenant plus particulièrement à l'actinologie, et le microscope n'y intervenant plus d'une manière spéciale et nécessaire.

Les Zoanthaires ont le corps en forme de cylindre fixé par la base, libre par en haut où figure la bouche, entourée d'un cercle de tentacules simples et cylindriques. De la cavité abdominale rayonnent un grand nombre de lamelles sur lesquelles sont situés les organes reproducteurs. Certains Zoanthaires sont charnus, les autres ont leur surface externe incrustée de carbonate de chaux ; les uns sont libres, les autres agrégés.

Les Zoanthaires charnus se fixent, comme l'Hydre, par un disque épaissi sur lequel ils peuvent ramper et qu'ils peuvent détacher. Leurs tentacules s'ouvrent comme une fleur, parée des couleurs les plus vives, et se referment sur la proie. Telles sont les Anémones de mer ou *Actinies*, si communes sur les rochers de nos côtes (*Actinia sessilis*, *plumosa*, etc.). Les Actinies groupées constituent le genre *Zoanthus*. Les Zoanthaires pierreux sont les Madrépores dont les polypiers, formés de carbonate de chaux, forment des îles tout entières. La partie pierreuse est tantôt branchue, tantôt en masses disposées en lames ou en feuilles, mais toujours garnies de lamelles qui se réunissent concentriquement en certains points, formant des étoiles ou aboutissant à des lignes serpentantes. Cette partie pierreuse est recouverte d'une couche sarcodique, mince, hérissée de petites rosettes contractiles qui sont les Polypes (*Madrepora, Explanaria*, *Astræa*).

Les Alcyoniens ont le corps plus allongé ; les tentacules plus larges sont bordés de huit expansions cylindriques. La cavité abdominale comprend huit lamelles sur lesquelles sont situés les organes reproducteurs. Ce sont des Polypes marins, agrégés, dont le polypier

est traversé par une multitude de canaux mettant tous les individus en communication, canaux qui souvent sont parallèles et figurent des tuyaux d'orgue (*Tubipora musica*).

Tous les Polypes, d'ailleurs, contiennent dans leur partie pierreuse, comme dans leur masse charnue, des spicules en nombre plus ou moins considérable et de formes très-variables, même dans un seul individu, mais toujours calcaires. Dans le Corail proprement dit, dont le polypier est doué d'une si vive couleur sanguine (*Isis nobilis*), la partie charnue est farcie de spicules produisant par leur réunion des rameaux qui, d'abord creux, se remplissent peu à peu de matière pierreuse, formant un axe solide, ayant l'aspect d'un petit arbre, sur lequel l'écorce vivante se couvre d'innombrables petites fleurs à huit pétales, qui sont les Polypes avec leurs tentacules. Chez les Gorgones l'axe est corné, dendroïde, recouvert de Polypes incrustés de carbonate de chaux, remplis de spicules et parés de belles couleurs qui ne se conservent pas après la mort de l'animal (*Gorgonia fuscata*).

Les Pennatules ou « Plumes de mer » sont des Polypes analogues, mais non fixés, et nageant par la contraction simultanée de tous les individus. Ils flottent ainsi à la surface des mers en répandant souvent une lueur phosphorescente (*Pennatula rubra*).

Les Alcyons sont agrégés, sans axe solide. La partie calcaire, farcie de spicules, conserve une consistance charnue et se rapproche des Éponges, particulièrement des Téthies. Ils sont fixés sur les rochers par une courte tige cornée, sur laquelle se développe le polypier charnu, chargé de Polypes à 8 tentacules frangés ou pectinés. La cavité abdominale envoie vers la paroi du corps 8 rayons ou cloisons faisant fonction d'ovaires. Tous les estomacs communiquent par leur fond, plus ou moins contractile, avec une cavité commune, ramifiée, dans laquelle on constate une circulation. Telle est la fameuse « Main de mer, » ou « Gant de Neptune » (*Alcyonium palmatum*, *A. digitatum*).

Préparation. — On peut faire sur les Polypes, comme sur les Bryozoaires et les Tuniciers, deux sortes de préparations. Les premières, dans le but d'étudier leur structure anatomique et histologique, seront exécutées à l'aide d'une dissection dans l'eau, avec la

loupe ou le microscope simple, et l'examen des tissus se fera dans l'eau, la glycérine ou d'autres liquides appropriés, à l'aide des procédés ordinaires de durcissement, de coloration ou d'imprégnation qui pourront être nécessaires et avec les objectifs employés pour ces sortes de recherches. Ces préparations pourront se conserver dans la glycérine, les liquides de Pacini, etc.

Les autres préparations ont pour but d'étudier le polypier, indépendamment de l'animal qui l'habite. On peut ainsi préparer un fragment entier, pourvu que sa taille ne dépasse pas $0^m,02$ à $0^m,250$ et que le tube soit de nature cornée. Pour cela, on fait bouillir le Polype dans l'eau, ou bien on le plonge dans de l'eau à 100° dans le vide produit par une petite pompe à air. On répète l'opération plusieurs fois, car elle a pour but de faire sortir du polypier toute la matière animale. On essuie rapidement le fragment avec du papier brouillard, et on achève de le dessécher dans le vide après l'avoir placé dans un petit pot de terre qu'on a préalablement chauffé vers 150°. La dessiccation est alors complète ; on dépose le polypier dans l'essence de térébenthine et on fait le vide pour chasser l'air des pores où il est remplacé par l'essence. On peut alors monter la préparation dans le Baume. On obtient par ce procédé des pièces qu'on ne peut examiner que sous de faibles objectifs, mais qui donnent des effets de couleurs très-remarquables, notamment dans la lumière polarisée.

Certains Polypes vivants peuvent aussi être observés dans l'eau de mer, en les plaçant dans une petite cuve, sous le microscope binoculaire.

III. — Les Bryozoaires.

Les Bryozoaires sont des animaux souvent microscopiques, toujours de très-petite taille et qui établissent, avec les Ascidies et les Tuniciers, une transition entre les Polypes et les Mollusques.

Presque toujours réunis en grand nombre, ces petits animaux sont formés d'un sac compris dans une enveloppe ou cellule membraneuse, cornée ou même calcaire, et qui, par leur juxtaposition,

composent des Polypiers ramifiés, lamelleux, conglomérés, d'apparence et de structure très-diverses.

L'animal qui habite cette cellule plus ou moins tubulaire est très-contractile et peut, sous ce point de vue, être comparé aux Rotifères. La partie supérieure du sac porte l'ouverture de la bouche bordée par un disque muri de tentacules. Ceux-ci, au nombre de 10 à 60, sont frangés de cils vibratiles. Les tentacules peuvent s'épanouir au dehors ou rentrer dans la bouche, comme les roues des Rotifères, pendant que l'extrémité supérieure de l'animal rentre dans la cellule membraneuse ou cornée qui l'enveloppe. L'appareil digestif est très-complet, il se compose d'un large canal en entonnoir qui paraît servir à la respiration en même temps qu'à la déglutition. Une valvule sépare ce pharynx de l'œsophage. Quelques espèces possèdent un gésier musculaire dont les parois broient les aliments; mais le plus grand nombre n'ont qu'un estomac membraneux dont la muqueuse interne est garnie de cils vibratiles, ce qui semblerait indiquer que la respiration se fait aussi par le paroi de l'estomac. Autour de cet organe, on reconnaît des petites masses glandulaires représentant, sans doute, un rudiment de foie. Puis, l'estomac débouche dans l'intestin par une valvule pylorique. L'intestin remonte vers la partie supérieure de l'animal et va s'ouvrir à l'extérieur, par un anus situé près de la bouche, au-dessous de la couronne de tentacules. Le système circulatoire paraît manquer, et le fluide nourricier circule entre la membrane tégumentaire et le tube digestif, jusque dans l'intérieur des tentacules. Le système musculaire est, au contraire, très-développé, et un grand nombre de muscles longitudinaux ont pour effet de rétracter l'animal, tandis que le mouvement d'extension paraît produit par des fibres circulaires qui, par leur contraction, compriment le corps et en déterminent l'allongement alors que les fibres longitudinales sont relâchées. Les tentacules sont mus par un appareil de muscles particuliers. De plus, entre le cercle des tentacules et l'orifice anal, on constate l'existence d'un corpuscule blanchâtre qui paraît être un ganglion nerveux, mais Fr. Müller a découvert un semblable ganglion à la base de chacun des individus qui composent une colonie, et tous ces ganglions sont unis ensemble par un cordon,

sorte de réseau télégraphique par lequel la sensation éprouvée par un individu se transmet à tous les autres, qui se contractent simultanément quand l'un d'eux signale un danger, ou s'épanouissent quand le premier qui s'enhardit a reconnu que le danger est passé.

La reproduction se fait par des bourgeons qui poussent sur les cellules elles-mêmes quand elles sont en contact les unes avec les autres, ou sur l'axe quand elles sont placées sur un stolon commun. C'est la cavité périviscérale du parent qui forme la cavité du bourgeon, et c'est sur l'un de ces côtés que se développe le tubed igestif du bourgeon. Mais il y a, en outre, une génération sexuée dont les organes, ordinairement réunis sur le même polypier et très-souvent sur le même individu, se composent d'une masse glandulaire, le testicule, situé à la partie inférieure de l'animal, au-dessous de l'estomac, et un ovaire, contenant les œufs, placé au-dessous de l'anus. A la maturité, les cellules spermatiques se rompent et mettent en liberté des spermatozoaires qui se répandent dans la cavité périviscérale. D'autre part, les œufs tombent des ovaires dans la même cavité où ils rencontrent les spermatozoaires. C'est alors qu'ils sont expulsés par un orifice situé près de l'anus.

Un grand nombre de Bryozoaires marins portent, sur la cellule dont ils sont enfermés, des organes très-singuliers, en forme de pince de homard ou de tête de perroquet ; la mandibule inférieure de cette pince ou de ce bec est mobile sur la mandibule supérieure, qui est fixe ; ces pinces, qu'on appelle *avicularia*, paraissent être des organes de préhension. D'autres organes, nommés *vibracula*, consistent en un long filament inséré à la base ou sur le flanc de la cellule dans une sorte de cupule munie de muscles ; ils semblent, par leur mouvement continuel, avoir pour but d'écarter de la bouche les corps qui pourraient être nuisibles à l'animal, par exemple les matières excrémentitielles. On a signalé chez les Vorticelles, dont l'anus s'ouvre aussi dans le voisinage de la bouche, un organe semblable.

Les Bryozoaires **Hippocrépiens** ont les tentacules insérés sur un bourrelet en fer à cheval. Ils habitent ordinairement les eaux douces. Telles sont les *Plumatelles*, dont le double rang de 40 à

60 tentacules s'épanouit comme une fleur. On les trouve sous les feuilles des plantes submergées où elles forment un petit polypier ramifié, de consistance cornée. Le polypier de l'Alcyonelle (*Alcyonella fluviatilis*) a une apparence spongieuse. La *Cristatella mucedo* forme un charmant petit polypier dont les individus, rassemblés en grand nombre dans une enveloppe commune, ont des œufs couverts de petits crochets.

Les Bryozoaires **Cyathicères**, qui sont presque tous marins, ont les tentacules implantés sur une sorte de gorge en entonnoir. Les *Flustra*, qui sont communs sur nos côtes, forment des expansions lamelliformes dont les cellules sont souvent mortes au centre pendant que celles des bords sont en pleine activité. Dans les *Eschara*, les animaux sont serrés les uns contre les autres dans des cellules à parois communes, disposées en expansions lamelleuses et ramifiées. On a compté jusqu'à 200 de ces cellules dans un centimètre carré du polypier qui peut avoir jusqu'à 90 centimètres carrés de surface.

Les *Paludicelles*, qui habitent les eaux douces, n'ont qu'un seul rang de tentacules disposés en entonnoir. Le polypier est articulé, composé de cellules fusiformes, placées bout à bout, en séries dichotomes ou trichotomes, sur les pierres et les bois submergés, sur lesquels on trouve aussi les *Frédéricelles*, formées de tubes membraneux, cylindriques, composant des sortes de tiges articulées et rampantes.

Préparation. — L'étude anatomique des Bryozoaires est souvent assez difficile à cause du peu de transparence de la membrane externe. Il faut alors avoir recours à une dissection délicate sous le microscope simple ou sous le microscope composé avec un faible grossissement et le prisme redresseur. Cependant, les Bryozoaires d'eau douce peuvent, en général, être examinés vivants, leur transparence permettant d'observer le jeu de leurs organes, en les plaçant dans une cellule suffisamment profonde et pleine d'eau ; leur étude est alors des plus curieuses, et ne peut se faire ainsi qu'avec des objectifs assez faibles.

Sur champ noir, avec le microscope binoculaire, ils présentent le plus singulier spectacle, et l'on peut, avec des objectifs de moyen

pouvoir et de faible ouverture (1/2 pouce, 40° de Swift, certains n°2 de Nachet) observer le mouvement continuel de préhension des *avicularia* qui étreignent souvent de petits vers ou d'autres *avicularia* voisins.

Les Bryozoaires se conservent bien dans la gélatine, surtout après avoir été traités vivants par l'alcool, qui, en déterminant la contraction de la cellule, fait sortir l'animal de sa retraite avec ses tentacules et saillir les pinces extérieures. Ces préparations, faites nécessairement dans des cellules profondes, en verre par exemple, sont très-utiles pour démontrer les avantages du microscope binoculaire.

IV. — Les Tuniciers et les Ascidies.

Le cadre de cet ouvrage nous interdit de longs détails sur les Tuniciers et les Ascidies qui confinent aux Mollusques, bien qu'ayant de grands rapports avec les Bryozoaires et rappelant encore les Polypes dont ils possèdent les spicules, mais dont ils n'ont plus les tentacules. Comme eux, ils se multiplient par bourgeons. Enveloppés dans une tunique membraneuse ou cartilagineuse, les uns vivent isolés, les autres agrégés.

En termes généraux, ces animaux, qui ne sont point microscopiques, ont une forme plus ou moins allongée. A leur partie supérieure, s'ouvre la bouche, qui donne accès à l'eau dans un vaste vestibule, ou sac branchial, dont la paroi est percée de nombreuses fentes et couverte de cils vibratiles. L'eau ainsi introduite, après avoir agi sur les branchies, est rejetée par l'anus. L'œsophage suit le sac branchial et aboutit dans un long estomac enveloppé de canaux biliaires. L'intestin se recourbe et remonte vers la partie supérieure du corps pour s'ouvrir dans un cloaque qui se termine par l'anus, non loin de la bouche. A la partie inférieure de l'animal, ou non loin du fond du sac branchial, est un cœur imparfaitement divisé en deux ventricules dont l'un envoie le sang, par un tronc vasculaire, vers le sac branchial, et l'autre vers les organes internes. La circulation se fait d'une manière tout à fait insolite, chaque

tronc vasculaire jouant alternativement le rôle d'artère et de veine. Pendant plusieurs minutes, le sang chemine des branchies vers le cœur, passe dans le second ventricule qui l'envoie aux organes internes, puis les pulsations cessent un moment et l'on voit le sang revenir des organes vers le second ventricule, qui se contracte, l'envoie dans le premier dont la systole le dirige vers les branchies. Après quelque temps de circulation dans ce sens, le cœur s'arrête de nouveau et la circulation reprend en sens contraire. D'autre part, l'eau, qui entre par la bouche, sort en partie à travers les aréoles et les fentes de la paroi du sac branchial, tombe dans un sinus qui aboutit au cloaque, et, en partie continue son trajet à travers le canal digestif dont la surface interne est ciliée, et arrive encore au cloaque. Ainsi, toute l'eau qui a servi à la respiration est expulsée par l'anus.

Entre l'ouverture de la bouche et celle de l'anus, dans l'épaisseur de la paroi du corps, est un petit ganglion nerveux. L'ovaire est une longue cavité qui règne le long du tube intestinal et s'ouvre dans le cloaque où les œufs subissent l'imprégnation par les spermatozoïdes. Le testicule, placé à la partie inférieure du corps, envoie, en effet, un très-long canal déférent qui longe l'intestin et l'estomac pour s'ouvrir dans le cloaque.

Les œufs des Ascidies éclosent souvent dans le cloaque et présentent, en général, la forme d'un très-petit têtard. La larve sort alors par l'ouverture anale et nage librement pendant plusieurs heures, mais bientôt il lui pousse trois petits appendices, terminés par une sorte de suçoir, avec lesquels elle se fixe sur un corps solide. Elle perd son activité, ses appendices se raccourcissent, sa queue se détache et tombe. Au bout de deux jours de cet état sédentaire, les organes internes apparaissent ; enfin, se forment les ouvertures buccale et anale, et une nouvelle Ascidie est constituée.

Ces animaux, dont la forme et la taille sont très-variables, vivent, nous l'avons dit, isolés ou rassemblés. Souvent, dans ce dernier cas, ils sont réunis par une enveloppe commune très-remarquable en ce qu'elle contient de la cellulose. Les différents individus proviennent de bourgeons qui se développent sur une sorte de stolon rampant dans lequel on observe une circulation.

Préparation. — Les Tuniciers et les Ascidies sont ordinairement des animaux trop volumineux pour qu'on puisse les préparer dans leur entier et l'on ne peut les étudier qu'après une dissection qui se fait par les moyens connus.

Les larves peuvent seules être montées dans la gélatine.

CHAPITRE VII

LES MOLLUSQUES

Bien qu'on trouve dans le monde des MOLLUSQUES un grand nombre d'êtres dont la taille est excessivement petite, le cadre de cet ouvrage ne nous permet de donner que des notions tout à fait générales sur cette immense classe d'animaux dont l'histoire, tout intéressante qu'elle soit pour le micrographe, appartient au zoologiste. L'anatomie et la physiologie comparée, l'histologie et surtout l'embryologie trouvent à y faire une ample récolte de faits importants ; mais nous ne pouvons que résumer ici les principaux détails de l'organisation des Mollusques, en indiquant seulement quelques préparations particulièrement curieuses et faciles à reproduire.

Les Mollusques, comme leur nom l'indique, sont des animaux dont le corps et les appendices sont mous et ne sont pas ordinairement disposés symétriquement de chaque côté d'une ligne médiane. La peau n'est pas recouverte d'un épiderme consistant, mais sécrète soit une humeur visqueuse qui facilite les mouvements de l'animal, soit un liquide qui se concrète pour former à la surface du corps une coquille tantôt univalve, tantôt bivalve ou même composée d'un assez grand nombre de pièces et dont nous étudierons plus loin la constitution. Il y a donc des Mollusques conchifères et des Mollusques nus ; mais chez ces derniers, même, on trouve souvent dans l'épaisseur de la peau une coquille rudimentaire (Limace), ou, à l'intérieur du corps, une pièce d'apparence osseuse, formant comme une coquille interne ; telle est la production calcaire des Seiches, qu'on appelle vulgairement « Os de Seiche ».

Mais tous les Mollusques ont le corps enveloppé par une sorte de sac plus ou moins ouvert, ou un repli de la peau, dont la forme est très-variable et qu'on appelle le *manteau*. C'est par une partie du manteau qu'est sécrétée la coquille et ce sont les bords du manteau, libres ou pouvant être libres, c'est-à-dire non adhérents à la coquille, qui déterminent la nature de la surface de celle-ci. Moulée sur le manteau, dont elle reproduit tous les détails, s'agrandissant successivement par ses bords à l'aide de la substance qu'y déposent les bords du manteau pendant qu'elle s'accroît en épaisseur, la coquille est lisse si les bords du manteau sont lisses, frangée, lamelleuse, tuberculeuse, anfractueuse si les bords du manteau sont frangés, lamelleux, tuberculeux ou anfractueux.

Ces bords du manteau peuvent être ouverts, mais ils peuvent être soudés entre eux, ne laissant qu'une ou deux ouvertures par lesquelles passent, chez les Mollusques à coquille, un ou deux tubes ou siphons dont l'un apporte à l'animal l'eau aérée nécessaire à sa respiration, et l'autre conduit les excréments à l'extérieur.

Entre les lames du manteau, on remarque dans beaucoup d'espèces bivalves un organe fort et charnu, ressemblant plus ou moins à un pouce, et qu'on appelle le *pied*. C'est un organe de locomotion à la base duquel se produit souvent une sécrétion de matière cornée, filamenteuse, le *byssus*, que tout le monde a vu chez la Moule commune, et qui sert à l'animal pour se fixer sur les rochers ou pour s'attacher à ses voisins.

La forme du corps chez les Mollusques varie beaucoup, et s'ils se répartissent en Mollusques nus et Mollusques conchifères, en bivalves et en univalves, on peut aussi les diviser en Mollusques munis d'une tête, ou *Céphalés*, et Mollusques sans tête, ou *Acéphales*. On comprend que l'existence ou l'absence d'une tête implique chez ces êtres des différences considérables dans l'organisation. Aussi les premiers sont-ils des animaux assez élevés dans la série zoologique, tout voisins, les Céphalopodes, par exemple, des Vertébrés, tandis que les seconds sont souvent bien inférieurs aux Articulés et même à beaucoup d'Annelés. Les uns sont munis d'appendices, tentacules ou bras plus ou moins nombreux, de formes très-différentes, souvent garnis de ventouses et dont la position sur le corps,

très-diverse suivant les espèces, a fourni les principaux caractères pour la classification des Mollusques.

La bouche est toujours distincte. Chez les Céphalopodes (les Poulpes, par exemple), elle est munie de deux fortes mandibules cornées, recourbées en bec de perroquet. Chez beaucoup de Céphalopodes aussi, et chez les Gastéropodes (Limaçon), elle est garnie à l'intérieur d'une sorte de ruban cartilagineux, formant comme une langue ou un palais, et hérissé de dents pointues. Cet organe peut souvent être projeté au dehors, en forme de trompe exsertile plus ou moins forte. A l'œsophage succède un estomac composé d'une deux dilatations, muni souvent d'épaississements cornés sur sa membrane interne, épaississements faisant fonctions de dents internes. Le foie est toujours volumineux, et chez les Acéphales, même, l'estomac ne semble qu'une cavité creusée au milieu du foie. L'intestin n'offre que peu de circonvolutions et se termine par un anus placé, ordinairement, à la partie postérieure chez les Acéphales, vers la partie antérieure chez les Céphalés. On remarque quelquefois, dans le voisinage de l'anus, un appareil urinaire ordinairement très-simple.

La respiration est pulmonaire chez quelques espèces terrestres et d'eau douce, et se fait dans une cavité située à la région dorsale, quelquefois largement ouverte à l'extérieur (*Limax*), et sur les fines parois de laquelle rampent les vaisseaux sanguins. Ces poumons ne diffèrent du reste du tégument que par leur riche vascularisation (1). Bien plus souvent aquatique, la respiration se fait par des branchies en forme de filaments, de lames, de peignes ou d'arborisations, garnis de cils vibratiles et soutenus par des épaississements du tissu conjonctif dans la cavité dorsale, ou même à découvert. Enfin, dans d'autres espèces, la respiration paraît cutanée.

La circulation se fait à l'aide d'un cœur composé, dans les types inférieurs, d'un seul ventricule aortique, mais qui, chez les Céphalopodes, se complique d'une double cavité pour la circulation branchiale ; le sang, lancé par le cœur aortique, circule dans des vaisseaux, mais le retour au cœur se fait dans des espaces lacunaires, limités

(1) Chez les Mollusques pulmonés aquatiques, la peau est garnie de cils vibratiles.

entre des lames conjonctives tenant lieu de veines. Le sang est incolore ou quelquefois coloré en bleu ou en violet.

La reproduction se fait par des procédés très-divers. Les Céphalopodes et les Gastéropodes **Pectinibranches** ont des sexes distincts sur des individus séparés, et la fécondation résulte d'une copulation; les Gastéropodes *pulmonés* sont hermaphrodites, mais ne peuvent se féconder eux-mêmes; lorsque les organes mâles et femelles sont situés dans le voisinage les uns des autres, deux individus peuvent se féconder réciproquement, mais dans le cas contraire le concours d'un troisième individu est nécessaire (A fécondant B, qui féconde C qui féconde A). Chez les **Cyclobranches, Scutibranches, Acéphales** (?) les sexes sont réunis aussi, et l'animal paraît se féconder lui-même. Les œufs éclosent quelquefois dans l'oviducte (*Paludina vivipara*), mais ordinairement les Céphalés déposent leurs œufs soit dans des capsules membraneuses, soit dans une couche gélatineuse qu'on appelle *nidamentum* et qu'ils fixent sur les tiges des plantes et les corps inondés. Dans d'autres espèces, les œufs se développent dans les plis du manteau de la mère et beaucoup, en raison de ce que les jeunes n'ont pas la même forme que leurs parents, ont été pris pour des parasites. Le développement des œufs des Mollusques, plus facile d'ailleurs à observer chez les Gastéropodes que chez la plupart des autres Invertébrés, est des plus intéressants.

Il résulte de récentes recherches sur le développement de l'embryon de certains Acéphales, que les jeunes de la Moule d'eau douce (*Anodon cycneus*) ne sont autres que ces petits coquillages microscopiques dont sont parfois couvertes les branchies, les nageoires, la queue de certains petits poissons, les Épinoches par exemple. Ces petits coquillages sont pleins d'une matière sarcodique dans laquelle on ne distingue d'abord aucun organe, si ce n'est un filament de byssus et un épais faisceau musculaire servant à fermer la petite coquille; les bords de celle-ci sont hérissés de dents pointues à l'aide desquelles l'animal mord les téguments du poisson auquel il s'attache. Cette jeune Moule avait été considérée primitivement comme une espèce distincte, un *Glochydium*.

Beaucoup d'observations analogues ont été faites, dans ces dernières années, et certainement la liste n'est pas close des animaux

dont on fait des genres ou des espèces et qui ne représentent que des états jeunes d'autres animaux mieux connus (1).

Les Lymnées de nos étangs, les Planorbes, etc., dont on trouve les œufs déposés sur les plantes aquatiques, dans une couche gélatineuse qui sert de retraite aux jeunes, fournissent des sujets d'observation les plus dignes d'intérêt. Si l'on récolte ces œufs et qu'on en étudie le développement de jour en jour, on reconnaît qu'après une segmentation plus ou moins rapide, le vitellus a constitué un embryon muriforme muni de cils vibratiles avec lesquels il tourne dans l'œuf tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. Vers le huitième jour, sa partie céphalique se dessine et forme comme deux expansions ou lobes, très-petits chez les Lymnées, mais très-grands chez les *Doris*, *Eolis*, et autres Escargots marins, lobes qui ressemblent beaucoup aux deux *roues* des Rotifères et qui sont garnis de cils vibratiles en mouvement. Dans le voisinage de ces organes, le pied commence à se former et les deux vésicules auditives dont nous parlerons plus loin. Pendant que l'animal tourne dans sa prison, et que ses organes externes se complètent, la coquille commence à apparaître (7e et 8e jour) à la partie postérieure du corps, et s'avance rapidement vers la partie céphalique ; aussi l'animal peut bientôt s'y abriter en entier, en se contractant. Il est très-remarquable que cette coquille existe toujours, même chez les embryons d'espèces **Nudibranches**, qui ne la conserveront pas à l'état parfait. Mis en liberté par la rupture de la membrane de l'œuf, ces embryons se mettent à nager avec activité, comme des Rotifères, avec leurs lobes ciliés, dont le mouvement apporte en même temps la nourriture à la bouche. Les cils tombent lorsque l'appareil broyeur, les dents, s'est développé dans la bouche.

Chez plusieurs **Pectinibranches** (*Buccinum*, *Purpura*, *Neretina*, etc.), le développement de l'embryon, très-analogue d'ailleurs à ce que nous venons de décrire, s'accompagne d'autres phénomènes non moins curieux. Les œufs de ces Mollusques sont enveloppés dans une couche gélatineuse recouverte d'une capsule membraneuse. Mais cette masse de corpuscules oviformes ne cons-

(1) Voir Lacaze-Duthiers, *Mém. sur le développ. des branchies des mollusques acéphales lamellibranches* (*Ann. des sc. nat.*, série 4, t. V, 1856. p. 5).

titue pas autant d'œufs que de granules. C'est une masse embryonnaire dont quelques granules seulement, le dixième environ, contiennent un embryon qui se développe par le procédé ordinaire, tandis que les autres ne sont que des globules de vitellus destinés à servir de nourriture aux premiers. C'est, en effet, ce qu'on remarque quand on examine de jour en jour la masse des œufs. On en voit se détacher des embryons analogues à ceux que nous avons décrits chez les Lymnées et qui, à un même état de développement organique, sont souvent beaucoup plus gros les uns que les autres, surtout pour la partie viscérale, suivant qu'ils ont pu absorber une plus ou moins grande quantité du *jaune* ambiant. Ceux, même, dont les voisins, plus actifs, ont rogné la portion, apparaissent comme des êtres chétifs qui n'ont qu'une tête à lobes ciliés vibratiles, mais point de corps.

Le système nerveux des Mollusques consiste en plusieurs ganglions disséminés dans les différentes parties du corps, dont l'un représente le cerveau et les autres émettent des nerfs proportionnés, en nombre et en développement, aux organes qu'ils desservent. Chez les Acéphales, le système nerveux est très-réduit, ainsi que les organes des sens. Chez ces derniers, en effet, les sens paraissent réduits au toucher, lequel s'exerce par la peau dont la sensibilité est manifeste. Chez les Céphalopodes seulement, on trouve des yeux comparables en tout à ceux des Vertébrés et, par exemple, à ceux des Poissons, comprenant une sclérotique avec cornée transparente, un iris coloré en rapport avec une couche pigmentaire de la sclérotique, une pupille, un cristallin, un corps vitré et une rétine. Chez les Gastéropodes, l'œil paraît un peu moins bien constitué. Il est ordinairement situé à la base d'une paire de tentacules, et, chez quelques espèces (Hélix), à l'extrémité de ces tentacules dont la structure est fort curieuse. Un muscle rétracteur est inséré dans la tête et à l'extrémité interne du tentacule. En se contractant il fait rentrer le tentacule qui s'invagine comme un doigt de gant rentrant dans la main. La protraction est produite par une série de muscles annulaires situés les uns au-dessus des autres. C'est leur contraction successive de bas en haut qui expulse de proche en proche le tentacule invaginé et le fait jaillir au dehors. Les Cépha-

lopodes ont les organes de l'ouïe bien définis ; on les trouve aussi, mais moins complets, chez les Gastéropodes, notamment chez l'embryon, et même chez les Acéphales. Cet organe se compose de vésicules reposant sur un ganglion nerveux, ou bien dans lesquelles vient s'épanouir un filament nerveux acoustique. Ces vésicules, formées d'une membrane conjonctive doublée d'un épithélium vibratile, contiennent un globule pierreux, vitreux, composé de matière animale incrustée de sels minéraux. On l'appelle *otolithe*. Il présente ordinairement des stries concentriques et souvent quelques lignes rayonnantes. Cet otolithe, unique chez les **Hétéropodes** et les Acéphales, est mis en continuel mouvement par les cils qui garnissent l'intérieur de la vésicule (1). Les Gastéropodes et les **Ptéropodes** ont plusieurs otolithes en mouvement continuel, souvent réunis. Il en est de même chez les Céphalopodes (fig. 245).

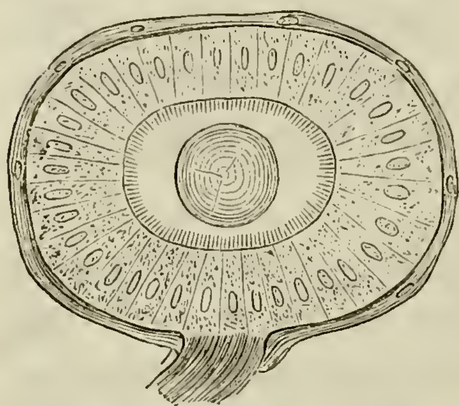


Fig. 245. — Vésicule auditive d'une Moule (*Cyclas cornea*).

Elle est formée d'une membrane conjonctive à noyaux que traverse le nerf acoustique et que tapisse un épithélium à longues cellules vibratiles. Au milieu, l'otolithe.

Un autre organe curieux à étudier chez les Mollusques, et notamment chez les Gastéropodes, est la surface cornée ou chitineuse placée dans la bouche, et dont nous avons déjà parlé. Cette surface a la forme d'un tube fermé en arrière, ouvert en avant, fendu à la partie supérieure et venant s'aplatir sur le plancher intérieur de la bouche. Le tube est formé d'un grand nombre de rangées transversales (de 100 à 170) de petites dents, plus ou moins aiguës, au nombre de 150 à 180 par rangée. Ces dents sont ordinairement implantées, chez les Gastéropodes terrestres, sur autant de petites facettes cornées qui peuvent avoir un certain jeu les unes sur les autres. Chez les Gastéropodes marins, chaque rangée transversale de dents est ordinairement portée sur trois pièces, dont une médiane à dents plus petites, et deux latérales à dents plus grandes, et d'autant plus grandes qu'elles sont plus éloignées de la ligne médiane. Cette surface, dentée comme une herse de laboureur, se pré-

(1) La vésicule auditive de la Paludine vivipare de nos marais ne paraît pas avoir d'épithélium vibratile.

sente donc, dans ce cas, comme composée de trois bandes longitudinales de dents plus ou moins aiguës et ordinairement inclinées d'avant en arrière. Le tube palatal, chez les Gastéropodes terrestres (Limaçon, Limace), ne dépasse pas la longueur de la tête; mais chez les Mollusques marins, il se prolonge souvent jusque dans le voisinage de l'estomac. On trouve dans la structure de cet organe, des différences très-curieuses selon les espèces. Le mode d'emploi de ces dents par l'animal paraît, d'ailleurs, n'être pas toujours le même; ainsi, tandis que la grande Limace des jardins triture les herbes dont elle se nourrit contre le plafond corné de sa bouche, le véritable palais, avec la partie aplatie de son tube denté, les Buccins s'en servent comme d'une lime pour percer la coquille des Mollusques qu'ils dévorent, en allongeant comme une courte trompe la mince partie plate de leur tube et en lui donnant un mouvement de va-et-vient à l'aide de muscles spéciaux, protracteurs et rétracteurs; quant à la partie profonde et postérieure du tube elle semble s'accroître en avant, fournissant de nouvelles séries de dents au fur et à mesure que celles de la partie antérieure viennent à s'user.

Enfin, la coquille, ou *test*, des Mollusques peut être aussi l'objet d'observations intéressantes. Cette coquille présente certaines différences de structure dans les diverses espèces, mais on peut dire, d'une manière générale, qu'elle se compose d'une matière organique fondamentale déposée par couches, chitinisée, et plus ou moins pénétrée de sels calcaires. Le test de beaucoup d'espèces ne paraît pas constitué autrement que par ces lamelles superposées; tel est celui des Limaçons, Bulles, Lymnées, Physes, etc., et de plusieurs Acéphales; mais, chez d'autres, les *Unio*, *Anodonta*, *Pinna*, une seconde formation s'ajoute à la première et se compose d'éléments prismatiques, striés transversalement, et rangés perpendiculairement à la surface. Cette couche est donc semblable à la *dentine*. Traitée par les acides qui dissolvent les sels calcaires, elle laisse une trame organique exactement de même forme et composée de cellules prismatiques striées

Dans l' « os de Seiche », cette couche alterne avec la précédente, ainsi que chez les Huîtres. C'est la couche lamelleuse qui se trouve

ainsi à l'extérieur du test, et c'est elle qui, chez certaines espèces, revêt cet aspect nacré qu'on retrouve dans la perle. Ce jeu de couleurs est dû à un phénomène d'interférence produit par les lamelles minces qui composent cette partie de la coquille. En prenant l'empreinte de la nacre avec de la cire, on peut reproduire à la surface de celle-ci les effets d'irisation qu'offrait la couche nacrée elle-même.

Enfin, on trouve à la partie externe une couche ordinairement d'un brun verdâtre qui provient originairement d'un épiderme cuticularisé et incrusté, auquel il faut ajouter la partie supérieure des prismes de l'émail altérés par les agents extérieurs.

Carpenter a signalé l'existence de canaux poreux dans la coquille de quelques Mollusques, notamment de la Térébratule.

Préparation. — L'étude anatomique et histologique des organes et des tissus des Mollusques se fait par les procédés connus et à l'aide des objectifs à pénétration suffisante. Quelques sujets jeunes sont d'assez petite taille et ont le test assez transparent pour qu'on puisse les examiner dans leur entier et même à l'état vivant, soit dans l'eau douce, soit dans l'eau de mer, sous de faibles grossissements, avec le binoculaire sur champ noir, si leur transparence est suffisante, ou sur champ éclairé par un condensateur, si leur test exige une forte concentration de lumière en raison de son opacité.

On fait souvent des préparations particulières du tube palatal des Gastéropodes. Pour cela, on ouvre la tête avec soin, on dégage le tube de ses attaches musculaires et on écarte la membrane conjonctive, opaque, qui l'enveloppe ; puis, avec de fins ciseaux à manche, on fend le tube dans sa longueur, de manière à pouvoir l'étendre dans toute sa surface sur le porte-objet, et on le prépare dans les liquides de Pacini, de Goadby, dans l'alcool dilué ou la glycérine. On peut aussi le monter dans le baume du Canada, après un traitement convenable pour le sécher, afin de l'examiner à la lumière polarisée sous laquelle il donne des effets très-remarquables, particulièrement si l'on interpose une lame sensible entre l'objet et le prisme polariseur.

Les sections minces, faites dans divers sens par les procédés que nous avons indiqués à propos des os et des dents, et même les pe-

tits éclats de coquilles que l'on peut obtenir au marteau agissent de même sur la lumière polarisée.

Quant à l'étude si curieuse du développement de l'embryon chez les Gastéropodes, elle est facile, car en récoltant, au printemps ou au commencement de l'été, les Lymnées que l'on trouve en abondance sur les plantes aquatiques dans les rivières et les étangs, et en les plaçant dans un vase plein d'eau avec ces mêmes plantes (qu'on renouvelle et remplace, au besoin, par du cresson, car ces Mollusques mangent beaucoup), on ne tarde pas à apercevoir, sur les parois du vase, les amas gélatineux qui composent le *nidamentum*. On y reconnaît les œufs à l'œil nu et on peut les enlever au fur et à mesure de leur développement pour les étudier.

On devra placer les œufs, après les avoir débarrassés autant que possible de la masse gélatineuse, dans des cellules un peu profondes pour ne pas les écraser avec le verre mince, car leur coque est très-fragile. Les objectifs les plus commodes pour cette étude sont les numéros de 2 à 5 de Nachet, de 4 à 8 de H. et Prazmowski, B, BB, C, CC, D, DD, E de Zeiss 1/2, 1/4, 1/5, 1/6, 1/8 de pouce de Swift, 4/10 (55°) 4/10 (90°) 1/4 de pouce de R. et J. Beck.

Après quoi, on placera d'autres œufs au même état de développement sur le porte-objet, dans une cellule peu profonde, et, par une légère pression sur le verre mince, on brisera la coque et l'on pourra étudier avec des objectifs à plus court foyer la structure histologique des tissus.

CHAPITRE VIII

LES ANNELÉS

Les zoologistes composent ordinairement l'ordre des ANNELÉS avec les Helminthes ou Entozoaires, les Rotateurs ou Systolides et les Annélides. Nous n'ajouterons rien à ce que nous avons dit sur les Rotateurs qui, pour nous, se rapprochent plus des ARTICULÉS, et en particulier des Crustacés, que des Annelés ; et quant

aux autres ordres, bien que leur étude sous le microscope soit des plus intéressantes, elle appartient spécialement à l'histoire naturelle, à la physiologie et à l'anatomie comparées ; nous n'indiquerons donc qu'en quelques mots la disposition des organes dont le microscope aura à rechercher la disposition et la structure chez les Helminthes et les Annélides.

Les Annelés, ou *Vers*, ont en général le corps allongé et souvent divisé en anneaux successifs dont la tête est parfois indistincte. Les uns portent des appendices latéraux formés par des prolongements cutanés ou par de simples poils, et qui sont des organes locomoteurs; les autres n'ont aucun appendice et ne peuvent se mouvoir que par reptation ou glissement.

Quelques Annélides supérieures sont munies de branchies, ordinairement externes, quelquefois internes, mais les autres ne paraissent douées que d'une respiration cutanée. Le tube intestinal, quand il existe, est généralement simple et droit, commençant par une bouche, munie souvent d'une sorte de trompe ou de suçoirs et de dents, et finissant par un anus; mais quelquefois il est ramifié et sans orifice postérieur, l'animal vivant de sucs tout préparés et n'ayant pas de résidus à rejeter. Le sang est très-souvent rouge et la circulation est quelquefois assez complète ; elle se fait dans des vaisseaux, sous l'impulsion d'autres vaisseaux contractiles qui sont des cœurs. On a même reconnu chez les **Hirudinés** (Sangsues), un système vasculaire lymphatique. L'appareil nerveux se trouve, chez les Annélides, représenté par un double cordon ganglionnaire, et quelques-unes sont munies d'yeux rudimentaires. Le système reproducteur est ordinairement très-complet, et les organes mâles et femelles sont réunis le plus souvent sur un même individu, bien que l'accouplement soit nécessaire et produise une fécondation réciproque.

I. — Les Helminthes.

Les **Helminthes** nous présentent les Annelés au plus grand état de dégradation. La plupart sont des animaux parasites qui vivent

dans les organes de l'homme, des Vertébrés, des Mollusques et des Insectes ; ce sont, en un mot, des *Vers intestinaux* ou *Entozoaires*.

Les plus simples de tous sont les *Acephalocystes*, vésicules qu'on trouve dans les tissus des animaux et qu'on ne peut guère caractériser, mais qui sont sans doute des Helminthes à leur premier état de développement. Les *Cœnures* se composent d'une vésicule qui porte plusieurs têtes ou plutôt plusieurs appendices en forme de trompe, rétractiles dans la vésicule, et surmontés par une couronne de crochets au centre de laquelle est un pore qui représente peut-être une bouche. Il est, cependant, probable que cette couronne ne sert qu'à fixer l'animal dans les tissus de son hôte et qu'il se nourrit simplement des sucs de ce dernier. Le *Cœnurus cerebralis* est un Helminthe presque microscopique qui se développe souvent dans le cerveau du mouton et cause la maladie appelée *tournis*. Les *Cysticerques* ou *Hydatides*, animaux vésiculaires aussi, ne portant qu'une seule tête, et, beaucoup plus gros que le Cœnure du cerveau, causent la maladie du porc qu'on appelle *ladrerie*. Tous ces animaux forment la tribu des Cistoïdes, mais ces derniers sont particulièrement remarquables en ce qu'ils représentent le premier état ou la larve du *Tœnia*, que tout le monde connait. Dans le porc, le Cysticerque s'enveloppe d'un kyste dont les éléments sont fournis par les tissus du porc et ne subit pas d'autres développements. Mais la viande de porc ladre, c'est-à-dire infestée de Cysticerques, ingérée par un animal ou par l'homme, met en liberté, dans l'intestin de celui-ci, l'Helminthe qui s'y développe et produit un *Tœnia*. Ce Ver, malgré son nom de *Ver solitaire* (*Tœnia solium*), peut être multiple chez le même individu.

On en connaît un assez grand nombre d'espèces qu'on range dans deux genres, *Tœnia* et *Bothryocephalus*. Leur corps est plat, très-long, 1, 2, 3 mètres, ou même plus, divisé en un grand nombre d'articles, effilé en avant et terminé par une tête très-petite, munie de 2 ou 4 fossettes ou ventouses, et d'une couronne de crochets, dans les espèces armées. Cette tête qui reste très-souvent dans le tube digestif après que le reste du corps a été expulsé, et qui peut régénérer l'animal tout entier, a été considérée comme un Helminthe particulier qu'on a appelé *Scolex*. Elle représente la tête du Cysti-

cerque. Les Helminthes Cystoïdes qu'on appelle *Echinocoques* ne sont que les scolex du *Tœnia nana.*

Chaque anneau ou article du Ténia est parcouru intérieurement par deux canaux qui représentent sans doute un appareil digestif,

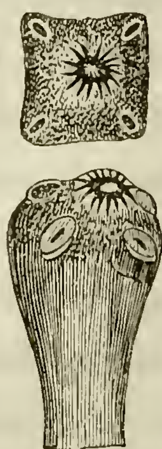


Fig. 246. — Tête du Ténia armé de l'homme.

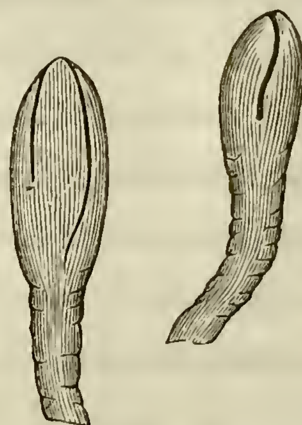


Fig. 247. — Tête du Bothryocéphale de l'homme.

et, de chaque côté, on distingue un ovaire. Les organes génitaux sont, au contraire, placés sur la ligne médiane dans les Bothryocéphales.

On comprend que les anneaux détachés du Ténia ou les œufs, corps ovoïdes mesurant $0^{mm},006$ à $0^{mm},007$ dans leur plus grand diamètre, peuvent être expulsés avec les fèces par les hommes ou les animaux qui nourrissent ces Helminthes et être dévorés par d'autres animaux, par exemple par les porcs, dans les organes desquels ils éclosent et produisent des Cysticerques qui donneront de nouveaux Ténias sexués dans l'intestin de ceux qui se nourriront de la chair de ces porcs.

Il paraît démontré que tous les Helminthes de cette famille ne peuvent parcourir les différentes phases de leur développement que dans les organes d'une série d'animaux qui se dévorent les uns les autres et qui sont, le plus souvent, d'espèces très-différentes.

Parmi les Trématodes, nous citerons la Douve hépatique (*Distoma hepatica*), entozoaire blanchâtre long de 18 à 31 millimètres, large de 4 à 13 millimètres, qui habite la vésicule et les canaux biliaires. Il est ovalaire, aplati, couvert d'épines, et porte deux ventouses à la partie antérieure, l'une devant l'autre. Son intestin,

ramifié, se distribue dans tout le corps; les orifices génitaux sont situés entre les deux ventouses ; le pénis est contourné en spirale, les ovaires, en grappe, aboutissent à des oviductes contenant des œufs jaunâtres, ovoïdes, fermés par un opercule large de $0^{mm},13$ à $0^{mm},14$.

Chez les ACANTHOCÉPHALES, on commence à distinguer un rudiment de système nerveux représenté par un filet ou cordon sans ganglions visibles. Le corps est cylindrique, allongé, terminé par une trompe garnie d'un rang de crochets. L'intestin se compose de deux tubes longitudinaux ramifiés et anastomosés. Les sexes sont séparés; l'ovaire remplit presque tout le corps de la femelle, et le mâle porte en arrière un organe rétractile. Tel est l'*Échinorynque du rat*.

Les NÉMATOÏDES ont le corps cylindrique, *vermiforme*, aminci aux deux extrémités; la tête n'est pas distincte, le tégument est épaissi par une couche musculaire qui permet à ces animaux des mouvements souvent très-vifs, dans tous les sens. Le canal digestif est simple, large, et se termine, d'une part, par une bouche, et de l'autre, par un anus. On observe un cordon nerveux assez distinct, et les sexes sont séparés.

C'est à cette famille qu'appartiennent les *Anguillules* (*Anguillula*), que l'on trouve dans les eaux stagnantes, dans la mousse des toits, avec les Rotifères, et qui sont, comme ces derniers, réviviscentes après une dessiccation complète. Ces petits Vers fournissent plusieurs espèces dont la plus connue est celle qui prend naissance dans la pâte aigrie ou dans la colle de farine en voie de fermentation. Elles atteignent quelquefois $0^{mm},85$ et sont visibles à l'œil nu, ainsi que celles qui se développent dans la couche muqueuse du vin altéré ou « mère du vinaigre » et qui ont jadis fait beaucoup parler d'elles sous le nom d'*Anguilles de Needham*.

Les *Ascarides* sont des vers intestinaux qui fournissent plusieurs espèces dont les plus connues sont l'*Ascaride lombricoïde* (*Ascaris lumbricoïdes*) qui peut atteindre jusqu'à $0^{m},25$ de longueur, dont le tégument, blanc ou rosé, est strié d'épaississements musculaires, la tête munie de trois nodules entre lesquels paraissent trois sillons, et de deux spicules recourbés; et l'*Ascaride* ou *Oxyure des en-*

fants, petit Ver blanc, long de quelques millimètres, qui, au lieu de spicules, porte deux espèces d'expansions latérales. Le mâle est enroulé en spirale à sa partie postérieure. Les œufs de ces espèces paraissent être transmis à l'homme par les légumes crus, les fruits verts et autres matières végétales à qui ils ont pu être fournis par les engrais.

Les *Strongles* sont des vers très-voisins, mais qui peuvent atteindre une taille considérable. Le Strongle du cheval, le Strongle géant (*Strongylus equinus*, *Str. gigas*) peuvent mesurer jusqu'à 1 mètre de long sur $0^m,010$ à $0^m,015$ de large. Les *Trichocéphales* ont la partie antérieure du corps atténuée en fil, et les *Filaires*, Vers filiformes, se trouvent dans les muscles, le sang et même dans l'œil d'un grand nombre de mammifères, d'oiseaux, de poissons, de batraciens et d'insectes. Tels sont le *Filaria bronchialis* qu'on trouve dans les voies respiratoires de l'homme et le *Dragonneau* ou *Ver de Médine*, qui s'insinue dans les muscles du mollet chez les habitants des environs de Médine. Ce Ver, gros comme un fil, peut acquérir la longueur d'un mètre.

C'est encore aux Helminthes Nématoïdes qu'il faut rapporter la fameuse *Trichine*, rare en France, mais commune en Allemagne et en Angleterre. Ce petit Ver, dont la taille atteint à peine un millimètre, se trouve dans le porc, le rat, la taupe et tous les animaux, même les herbivores, à qui on a fait avaler de la viande trichinisée. Il se présente sous la forme de petits kystes blanchâtres, renfermant le Ver roulé sur lui-même, en spirale. Ce Ver pond, et ses œufs se développent dans l'intestin de l'animal qui les mange, en traverse les parois et vient s'enkyster dans ses muscles. On a trouvé la Trichine (*Trichina spiralis*) en quantités innombrables chez certains individus atteints de maladies dont on ne se rendait pas bien compte avant d'avoir observé l'Helminthe. Ces maladies revêtent un aspect typhique ou cholériforme particulier. C'est par la viande de porc consommée crue ou trop peu cuite que la Trichine est communiquée à l'homme (fig. 248).

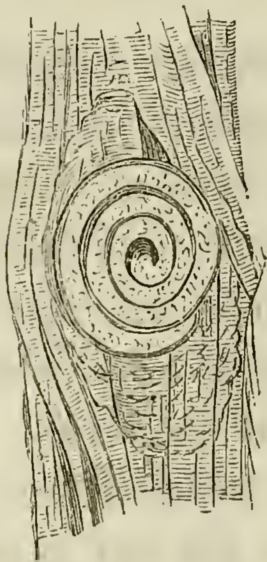


Fig. 248. — Trichine dans les muscles du porc (*Trichina Spiralis*).

Les Turbellariés et les Planariés établissent une transition entre les Helminthes et les Annélides, particulièrement les Sangsues. Ce ne sont plus des Entozoaires, mais, en général, ils vivent dans la mer et dans le sable des grèves où ils sucent les Mollusques ou autres animaux marins qui sont à leur portée. D'ailleurs, ils se meuvent par une sorte de glissement ou de reptation. Leur corps ovalaire, mou, déprimé, est, souvent aussi, vermiforme et peut s'allonger jusqu'à 1 et 2 mètres, chez certaines espèces. La bouche, située à la partie inférieure du corps et vers le tiers antérieur de la longueur, chez la plupart des Planaires au moins, se trouve au fond d'une sorte de suçoir, ventouse ou trompe que l'Helminthe applique sur l'animal auquel il emprunte sa nourriture. Le tube digestif se ramifie en un grand nombre de canaux distribués par tout le corps. De chaque côté du tube principal sont les testicules, et, un peu plus bas, les ovaires, très-volumineux. Les canaux déférents se réunissent pour former une vésicule séminale et aboutissent au dehors par une ouverture située vers le milieu ou vers le second tiers de la longueur, un peu plus haut que les organes femelles. Les deux oviductes se réunissent aussi et forment comme une vésicule copulatrice, puis se terminent à l'extérieur, non loin de l'extrémité postérieure du corps. La copulation semble donc nécessaire pour amener la fécondation des œufs. Le système nerveux est beaucoup plus développé que chez les animaux précédents. Il se compose de deux ganglions sous-œsophagiens ou situés en avant du suçoir, qui envoient de nombreux filets dans les différentes parties du corps. Enfin, on trouve aux Planaires des yeux rudimentaires ou ocelles (1). Il est à remarquer que le corps de ces Vers est couvert de cils vibratiles, ce qui nous porte à penser que la respiration se fait, en grande partie du moins, par le tégument, bien que deux trous vasculaires qu'on observe près des canaux digestifs et qu'on regarde comme des organes de circulation puissent être aussi des vaisseaux aquifères dans lesquels circule l'eau respirable.

Les œufs des Planaires donnent souvent naissance à plusieurs

(1) Les Planaires, comme certaines Annélides, du reste, possèdent des organes de l'ouïe avec otolithes, semblables à ceux que nous avons décrits chez les Mollusques.

embryons. Il se peut, par conséquent, que les œufs soient des capsules contenant plusieurs œufs ou plusieurs vitellus séparés. Les jeunes ont absolument l'aspect d'Infusoires ciliés. Comme beaucoup d'Helminthes et d'Annélides, d'ailleurs, les Planaires peuvent aussi se multiplier par division binaire transversale ou scissiparité. Ils reproduisent aussi les portions de leur corps qu'on leur a enlevées, comme le font les Polypes.

II. — Les Annélides.

Les Annélides comprennent les types les plus élevés des Vers. En général, leur corps est marqué de plis transversaux qui déterminent les anneaux dont il est composé. Les uns sont munis d'organes locomoteurs représentés par des soies ou par des appendices charnus ; mais les autres ne se meuvent que par reptation, ou à l'aide de ventouses. Quelquefois enfin, l'ouverture de la bouche est entourée d'une couronne de cirrhes tentaculaires (*Terebella*). Les branchies, ordinairement externes, ont la forme de houppes, ou de panaches placés à l'extrémité antérieure du corps ou sur une partie de sa longueur. L'intestin est généralement droit et simple ou muni de quelques ramifications. La circulation se fait dans des vaisseaux dont quelques-uns sont contractiles, et l'on considère comme du sang le liquide rouge qu'on remarque dans certains de ces canaux. Nous partageons toutefois l'avis de Huxley, Carpenter, etc., et pensons que le sang est le liquide incolore, chargé de globules, qui remplit l'espace péri-viscéral, les vaisseaux colorés n'étant que des tubes aquifères. Les Annélides ont un système nerveux représenté par une paire de ganglions constituant le cerveau et un double cordon ramifié ; elles ont souvent des yeux rudimentaires. Beaucoup sont hermaphrodites, ovipares, mais non toutes, et elles ont, en général, comme les Polypes, la curieuse propriété, lorsqu'on les coupe en morceaux, de constituer autant d'animaux que de morceaux.

Les jeunes sont quelquefois très-différents de leurs parents.

Les Hirudinés ou *Sangsues*, que tout le monde connaît, sont des

Annélides dont les branchies sont internes et dont la bouche, située au fond d'une ventouse, est munie de trois lames garnies de petites dents acérées avec lesquelles elles *scient* la peau en formant une ouverture étoilée. L'extrémité postérieure de leur corps porte une seconde ventouse sans suçoir toutefois, et c'est par l'allongement et la contraction de leur corps, et à l'aide de leurs deux ventouses, qu'elles se meuvent. Les organes mâles et les organes femelles sont situés les uns au-dessous des autres du 23 au 31ᵉ anneau. Tout le monde connaît la manière de vivre de ces repoussants animaux auxquels nous devons cependant quelque reconnaissance. Leurs espèces sont assez nombreuses et toutes habitent les eaux douces.

Parmi les Annélides Terricoles, l'espèce la plus connue est le *Lombric* ou *Ver de terre* qui, comme toutes celles de cette classe, n'a pas d'organes externes et respire par la peau. L'intestin est droit et large; l'animal l'emplit de terre humide dont les sucs azotés sont absorbés par lui et dont il rejette rapidement, sous forme de masse moulée et vermiculée, la partie indigeste. La circulation se fait à l'aide d'un grand nombre de petits vaisseaux qui naissent près de la peau et de l'intestin, et se réunissent pour la plupart dans un sinus veineux ventral qui communique avec un autre réservoir dorsal représentant sans doute le cœur. Les *Naïs*, qui vivent dans la terre humide ou dans la vase, n'ont qu'un ou deux centimètres de long; ils sont fortement colorés en rouge et leur tégument est assez transparent pour qu'on puisse, sans dissection, étudier sous le microscope leurs organes internes, grâce seulement à une légère compression entre deux lames de verre. Leur extrémité postérieure est munie de deux appendices préhensiles.

Les Tubicoles ont des branchies externes et sont munies de soies implantées sur des tubercules latéraux, à chaque anneau, soies souvent crochues qui leur servent d'organes locomoteurs; leur tête est peu distincte et ne porte pas d'yeux, leur bouche pas de mâchoires. Leur organisation ressemble beaucoup à celle des Annélides précédentes, mais un grand nombre habitent des tubes qu'elles se forment, soit avec une sécrétion calcaire de leur tégu-

ment, soit avec du sable et des matériaux étrangers agglutinés par un liquide mucilagineux qu'elles produisent. Telles sont les *Serpules*, dont on trouve les tubes calcaires contournés sur presque toutes les coquilles marines, et les *Arénicoles*, longs vers jaunâtres à branchies en forme de petites houppes, qui vivent dans le sable des grèves et que les pêcheurs emploient pour amorcer leurs lignes.

Les Annélides tubicoles sont des animaux marins, ainsi que presque toutes les Annélides dites Errantes. Celles-ci offrent le plus haut degré de développement de cette classe. Leur tête est distincte et souvent munie d'antennes très-longues et de deux ocelles; leur bouche se prolonge ordinairement en une sorte de trompe, et tous les anneaux de leur corps, ou le plus grand nombre, portent, de chaque côté, des appendices ou pieds, avec ou sans soies, et dont la structure est assez compliquée. L'intestin est droit et se termine par un anus situé à l'extrémité postérieure du corps.

La plupart de ces Vers, dont l'étude anatomique est fort intéressante pour le zoologiste, mais ne peut trouver place ici, acquièrent une taille considérable, et certaines *Néréides* peuvent atteindre jusqu'à deux mètres de longueur.

Les larves de ces Annélides et de beaucoup de Tubicoles se présentent d'abord sous la forme d'un Infusoire cilié sur différentes parties du corps; mais très-rapidement, l'animal s'allonge, les anneaux se dessinent, la tête apparaît, et, après elle, un large segment couvert de cils, puis un autre, plus étroit, non cilié, et enfin un segment caudal, cilié. C'est entre ce segment caudal et le précédent que se forment successivement tous les anneaux qui composent le corps du Ver. En même temps, le tube digestif se montre, les yeux se forment, les appendices latéraux se développent et l'animal qui, très-souvent, n'avait aucune ressemblance avec l'adulte, en prend la forme et la structure. Quelquefois, toutes ces modifications peuvent s'opérer en quelques heures.

Nous devons signaler en terminant un fait assez remarquable, c'est la faculté qu'ont certaines Annélides d'émettre de rapides lueurs phosphorescentes. Ce phénomène paraît résulter de la con-

traction musculaire, car on peut le produire, même sous le microscope, en excitant avec la pointe d'une aiguille les muscles de l'animal placé sur le porte-objet.

Préparation. — Il existe un assez grand nombre d'Annélides, soit marines, soit lacustres, dont la taille est assez petite et le tégument assez transparent pour qu'on puisse les placer tout entières sur le porte-objet et observer leur structure par la lumière transmise. Souvent même, on peut y arriver avec une forte loupe. Le phénomène de la circulation est alors des plus intéressants et des plus remarquables. C'est ainsi que dans les eaux stagnantes où l'on cherche des Infusoires, on trouve fréquemment outre les Anguillules, différentes espèces de Naïs à un état plus ou moins avancé de développement et chez lesquelles il semble impossible de ne pas reconnaître que le sang est renfermé dans l'espace périviscéral. On y distingue parfaitement les globules, ordinairement muriformes, et l'on constate que le système circulatoire n'est rempli que d'un courant d'eau très-rapide, marchant d'arrière en avant, cette eau entrant par l'extrémité postérieure du corps. Des grossissements très-modérés comme ceux que fournissent les objectifs n°s 2 et 3 de Nachet, BB, C, CC, de Zeiss, 2/3, 4/10 de pouce de Beck ou de Swift montreront très-bien toute cette organisation. Avec des objectifs plus puissants, on peut mesurer aisément le diamètre des globules muriformes que nous supposons des globules sanguins.

Les larves, qu'on récolte aux bords de la mer ou dans les mares avec une épuisette en grosse toile, sont très-faciles à étudier en raison de leur transparence ; mais les grandes Annélides ne peuvent être examinées qu'à l'aide de dissections souvent assez difficiles et des injections ou imprégnations destinées à déceler les diverses natures de tissus, nerveux, musculaire, vasculaire, etc., procédés que nous avons décrits en traitant de l'histologie.

Les préparations à conserver peuvent se faire par les moyens connus, à l'aide la glycérine et des différents autres liquides, ou du baume de Canada pour les organes durcis ou secs. Mais, en général, nous regardons ces préparations comme peu instructives ; elles ne peuvent que fixer certains détails de structure, mais ne

remplacent jamais l'observation des pièces fraîches et surtout lorsque cela est possible, celle de l'animal entier et vivant.

CHAPITRE IX

LES ARTICULÉS

L'ordre des Articulés comprend les INSECTES, les MYRIAPODES, les ARACHNIDES et les CRUSTACÉS. Le corps de tous ces animaux est composé de segments ou anneaux articulés les uns aux autres, dont plusieurs sont souvent soudés, mais qui forment néanmoins trois régions plus ou moins distinctes, la *tête*, le *thorax* et l'*abdomen*.

Chez tous les Articulés, le tégument est épaissi, chitinisé, ou même incrusté de matières minérales qui lui donnent de la consistance, et c'est à sa face interne que les muscles prennent leur attache fixe. Il agit donc, sous ce point de vue, comme le squelette des Vertébrés, aussi est-ce avec raison qu'on l'appelle *squelette tégumentaire* ou *squelette externe*. Les Articulés sont donc construits, d'une manière générale, sur un plan inverse à celui qui a présidé à l'organisation des Vertébrés, et nous verrons cette disposition inverse se vérifier même dans les détails de structure anatomique.

Mais un des caractères dominants de cet ordre est la formation du corps par des segments qui tendent à être tous semblables les uns aux autres, ou ne diffèrent que par des modifications plus ou moins profondes. Ces segments ou anneaux peuvent toujours être considérés comme formés d'un arceau dorsal et d'un arceau ventral et comme portant, soit une, soit deux paires d'appendices qui, en se transformant, constituent les divers organes externes, les pièces de la bouche, les antennes, les membres, etc.

Si le corps est composé d'anneaux articulés, il en est de même des appendices, et les membres sont formés aussi de pièces ou de tubes articulés les uns au bout des autres.

Les Insectes subissent des métamorphoses et passent successivement de l'état de *larve*, ver ou chenille, à celui de *nymphe* plus ou

moins active, ou de *chrysalide* engourdie dans un cocon, puis à celui d'*insecte parfait*. C'est à cet âge qu'ils se reproduisent.

Parmi les Arachnides, certaines tribus (*Aranéides*) se composent d'animaux qui sortent de l'œuf à l'état parfait et acquièrent toute leur taille à la suite d'une série de mues, mais les autres (*Acariens*) naissent imparfaits et se complètent aussi dans leurs mues. Il en est de même d'un grand nombre de Crustacés.

On comprend que l'étude de tous ces êtres dont quelques-uns, comme certains Crustacés, atteignent un volume considérable, ne peut trouver place dans cet ouvrage, car elle appartient à la zoologie et à l'anatomie comparée ; néanmoins nous devons jeter un coup d'œil rapide sur leur organisation, particulièrement sur celle des Articulés microscopiques ou de petite taille, ainsi que sur la structure des espèces plus volumineuses, mais qui fournissent quelques préparations microscopiques particulièrement intéressantes.

Les Insectes.

Système tégumentaire. — Les segments qui composent le corps des Insectes forment distinctement une tête, un thorax ou corselet et un abdomen. Ceux dont on admet qu'est constituée la tête sont toujours soudés entre eux, ainsi que ceux du corselet dont on peut ordinairement reconnaître les lignes de soudure. Ceux de l'abdomen sont libres, et les arceaux, plus ou moins chitinisés et durcis, qui les composent sont réunis par une peau molle permettant à tous les segments de jouer les uns sur les autres. Le nombre de ces articles est, d'ailleurs, variable suivant la classe à laquelle appartient l'Insecte.

La tête porte les antennes, les yeux, souvent des ocelles, et les nombreuses pièces de la bouche. Le corselet ou thorax est toujours formé de trois segments, le *prothorax*, le *mésothorax* et le *métathorax*. Chacun d'eux porte une paire de pattes ; le mésothorax et le métathorax portent une paire d'ailes chez les Insectes à quatre ailes (Coléoptères, Orthoptères, Névroptères, Hyménoptères, Lépidoptères). Chez les Insectes à deux ailes, c'est le mésothorax qui porte la paire unique.

Ainsi, les Insectes ont toujours six pattes ; mais ils peuvent avoir quatre ailes, deux ailes, ou même être dépourvus d'ailes.

Chacun des segments soudés du thorax est plus développé selon qu'il porte une paire de membres dont le rôle est plus important et exige un système musculaire plus complet.

La région ventrale du thorax porte le nom de *sternum* et se compose, par conséquent, des trois arceaux inférieurs du thorax, *prosternum*, *mesosternum*, *metasternum ;* la région dorsale se compose de même de trois arceaux supérieurs, *pronotum*, *mesonotum*, *metanotum* (1).

Les entomologistes divisent même encore chacun de ces arceaux en plusieurs régions, ce qui paraît justifié par les fines sutures qu'on remarque sur ces parties, à l'aide d'un grossissement suffisant.

L'abdomen ne porte pas d'appendices, sauf ses derniers anneaux sur lesquels on remarque souvent diverses petites pièces, pinces, tarières, aiguillons qui servent à l'accouplement, à la ponte ou à la défense : le nombre des segments est variable et n'est pas le même chez la larve que chez l'insecte parfait, parce que les derniers segments de la larve se transforment pour constituer, chez l'insecte, les organes de la génération. C'est par suite de cette même transformation que les arceaux ventraux ne sont pas toujours, chez l'insecte parfait, en même nombre que les arceaux supérieurs.

Le tégument des Insectes est formé de deux ou trois couches, dont la plus importante est la *cuticule* extérieure, épaissie par la substance de nature cornée qu'on appelle *chitine ;* elle procède d'une couche génératrice, celluleuse, la *couche chitinogène*, située plus profondément, et dont les cellules produisent par multiplication et endurcissement les lamelles cornées de la cuticule. Cette couche est séparée des organes internes par un tissu conjonctif lamelleux. Enfin, certains naturalistes admettent que ces deux couches cutanées sont recouvertes par un épiderme très-fin, composé de cellules hexagonales. Cette couche épidermique manque, cependant, chez la plupart des Insectes adultes, ou du moins ne peut pas être facilement mise en évidence sur toutes

(1) Ainsi, le pronotum et le prosternum forment par leur réunion le prothorax comme le mésonotum et le mésosternum composent le mésothorax, etc.

les parties du corps. Il est possible qu'elle disparaisse peu à peu par l'usure et les frottements, car on l'observe sur les parties délicates, par exemple à la surface des palettes qui forment les antennes des **Lamellicornes** (Hanneton), lesquelles sont protégées contre les violences extérieures. On l'observe plus facilement chez les larves et, surtout, les chrysalides, auxquelles il faut toujours avoir recours pour observer la genèse des organes et des tissus dont on reconnaît plus facilement, chez elles, les éléments formateurs.

Le tissu conjonctif situé sous la couche chitinogène se continue avec le tissu interstitiel de l'Insecte, et il est traversé par les tendons qui viennent s'insérer à la surface interne de la couche chitinisée, laquelle donne ainsi attache aux muscles intérieurs et joue par conséquent le rôle du squelette chez les Vertébrés, avec cette différence qu'ici le squelette est externe ou tégumentaire.

La couche chitineuse du tégument présente quelquefois une très-grande épaisseur et une dureté considérable, par exemple chez les Coléoptères. Elle est même souvent pénétrée de substances minérales. C'est à sa grande force de résistance, en même temps qu'à son élasticité, que les muscles de certains Insectes doivent l'excessive puissance qu'ils peuvent manifester. Tout le monde sait que la force développée, par exemple, chez les Hannetons (*Melolontha*), les Taupins (*Elater*), tous les Carabes, etc., est de beaucoup supérieure à celle des Vertébrés et de l'homme, en particulier, comparativement à leur poids. Qu'est le saut que peut exécuter l'homme le plus agile, saut qui atteint à peine la moitié de la hauteur de son corps, quand on le compare à celui que fait une Puce et qui dépasse de plusieurs centaines de fois la longueur de l'animal ?

Si l'on examine sous un fort grossissement des coupes minces pratiquées dans le tégument d'un Insecte coléoptère (Hanneton) ou orthoptère (Sauterelle), on constate que la couche chitineuse est formée de lamelles superposées qui rappellent les cellules écailleuses de la couche cornée dans la peau humaine. Chez les larves et les chrysalides, on n'observe pas ordinairement de stratification et on ne reconnaît qu'une couche homogène. De plus, partout où le tégument est épais, les lamelles chitineuses sont traversées, à peu près perpendiculairement à la surface, par des canalicules ou *canaux*

poreux, quelquefois dilatés en ampoule, rarement ramifiés, et qui rappellent les conduits sudoripares, mais qui n'aboutissent à aucune glande, bien qu'ils soient souvent remplis par un liquide transparent ou par un prolongement, en forme de papille, de la couche molle sous-jacente. Parfois aussi, ces canaux sont pleins d'air, ce qui paraît produire la coloration d'un blanc nacré ou argenté des parties ainsi constituées, par exemple le ventre de ces légers Hémiptères qui courent sur la surface de l'eau et qu'on appelle *Hydromètres* (*Hydrometra paludum*).

La cuticule chitineuse des Insectes est rarement lisse ; le plus souvent, chez les Coléoptères, notamment, elle est marquée de tubercules, de stries, de bandes, de réseaux que l'on reconnaît en examinant par exemple les élytres de ces Insectes à la lumière réfléchie (*Carabus auratus*, *C. catenulatus*, *Procrustes coriaceus*, *Elater*, Curculionides, Ryncophores, etc.). Il est bien possible que ce soient des réseaux de ce genre qu'on a pris souvent pour une couche épidermique très-fine composée de cellules polygonales, alors qu'il ne s'agit que d'un dessin ou d'une sculpture du tégument chitineux. De plus, ce tégument porte toujours des productions épidermiques diverses, poils ou écailles, que nous étudierons plus loin.

Quant à la couche chitinogène, située sous le tégument corné, elle se compose de cellules délicates, polyédriques, contenant un noyau et un protoplasma transparent ; c'est du développement particulier de quelques-unes de ces cellules que résultent les poils, les écailles et autres productions épidermiques. Au-dessous d'elle, avons-nous dit, est un tissu conjonctif d'aspect variable suivant les espèces, et dans lequel on observe des noyaux transparents autour desquels se groupent des gouttes graisseuses et souvent des granules pigmentaires.

Les pigments, de couleurs très-diverses, forment, en effet, un des éléments constants de la peau des Insectes qui sont colorés, et quelquefois de la manière la plus brillante, comme les Chrysomèles, Calosomes, Cétoines et surtout ces resplendissants Curculions qui brillent comme des pierres précieuses et que l'on monte, comme elles, pour en faire des bijoux, enfin presque tous les Papillons. Le pigment peut appartenir à la couche cornée ou bien à la couche sous-

jacente suivant les espèces. Mais il peut arriver aussi que les brillantes couleurs métalliques et changeantes qui ornent le tégument, les ailes ou les élytres des Insectes, soient dues, en grande partie, à des jeux de la lumière sur les stries, écailles ou lamelles minces dont sont recouvertes ces parties, ainsi qu'on le constate plus facilement sur les plumes de certains oiseaux, le Lophophore, le Paon, les Colibris, par exemple, plumes dont les nuances et les *reflets* changent suivant la direction des rayons lumineux qui frappent les barbules.

Telle est la composition générale de la peau chez les Insectes ; les deux couches que nous avons décrites existent toujours ; elles sont faciles à observer et même à isoler, au besoin après une macération plus ou moins prolongée dans l'eau, ou une exposition de cinq ou dix minutes à l'action de la vapeur d'eau. Elles n'ont pas, toutefois, la même épaisseur dans toutes les parties. Dans les articulations, par exemple, qui unissent les divers segments du corps des Coléoptères, des Hyménoptères, et particulièrement les anneaux de l'abdomen, on remarque que la couche chitineuse est à son minimum d'épaisseur, de manière à laisser à la peau toute sa souplesse, tandis qu'elle atteint un maximum sur le corselet, le sternum et les arceaux ventraux ou dorsaux des segments de l'abdomen. Enfin, suivant les espèces, cette couche peut, même dans les points où elle atteint son maximum d'épaisseur, rester très-mince comme dans l'abdomen des Lépidoptères, chez beaucoup d'Hémiptères, d'Orthoptères et principalement chez leurs larves.

Productions tégumentaires. — Au nombre des organes qui dépendent du système tégumentaire nous citerons les poils, les écailles, les glandes de la peau et certaines glandes spéciales.

Tous les Insectes sont plus ou moins velus, et les poils qui les recouvrent sont excessivement variés de forme et d'aspect ; aussi, leur examen, comme celui des poils végétaux, par transparence ou sur champ noir, est-il une des distractions les plus intéressantes pour l'entomologiste micrographe.

Ces poils peuvent être longs et simples, cylindriques et terminés en pointe plus ou moins obtuse, tels sont ceux qui garnissent, par exemple, les yeux de l'Abeille et de la plupart des Hyménoptères,

le corps et les pattes de beaucoup de Coléoptères. Ils peuvent être courts et pointus, comme des clous qui seraient plantés par la tête; tels sont ceux que l'on trouve sur les ailes des Mouches, des Abeilles, des Guêpes, etc. Ils peuvent être rameux, c'est-à-dire composés d'un axe sur lequel s'implantent latéralement des rameaux simples, plus ou moins longs et nombreux, et qui donnent au poil l'aspect d'une petite mousse. On rencontre ces poils chez tous les Hyménoptères, et, notamment, sur le corselet, la tête et les pattes des Abeilles, des Guêpes, etc. Mais ils peuvent présenter des formes beaucoup plus compliquées, par exemple chez les *Dermestes*, petits Coleoptères dont les larves rongent la laine, la peau, le lard. Chez ceux-ci, le poil est garni sur toute la longueur, de rameaux très-courts, ou d'épines disposées en verticilles serrés jusqu'à son extrémité de laquelle tombe une touffe de six ou sept longs rameaux réfléchis le long de la tige du poil et terminés par une petite boule.

Les poils glanduleux, si leur forme est ordinairement plus simple, sont, en général, plus complexes dans leur composition; tels sont ceux qui recouvrent le corps des chenilles. Dans beaucoup d'espèces, et particulièrement chez les chenilles des *Bombyx*, *Saturnia* et autres, les poils sont creusés, à l'intérieur, d'un canal et même quelquefois de plusieurs canalicules qui s'ouvrent à la surface ou à l'extrémité du poil. Ces conduits amènent au dehors le produit d'une glande, ordinairement composée d'un seul acinus, lequel est constitué par une tunique propre, très-mince, enveloppant quelques cellules à sécrétion à noyau ramifié. Le liquide excrété, généralement jaunâtre, et qu'on voit souvent apparaître à l'extrémité des poils quand on touche la chenille et qu'elle se contracte, est quelquefois irritant; appliqué sur la peau il peut déterminer des érythèmes plus ou moins violents. Chez d'autres Insectes, les glandes cutanées, très-rarement composées de plusieurs acini, ont une membrane propre externe et une membrane interne entre lesquelles se trouvent les cellules sécrétantes. Elles n'aboutissent pas toujours à un poil, mais quelquefois elles se continuent par un conduit excréteur qui s'ouvre à la surface de la peau. Les glandes odoriférantes de certains Insectes, comme les Punaises, les Pentatomes, sont ainsi constituées, mais elles comprennent souvent plusieurs acini.

Il faut compter aussi parmi les dépendances du tégument, les organes rétractiles, tentaculiformes, simples ou bifurqués, que certaines chenilles, entre autres celles du genre *Papilio* (*P. Machaon*) peuvent produire au dehors et qui laissent écouler un liquide odorant. Ces organes sont formés par un prolongement de la cuticule chitineuse recouvrant une expansion semblable de la couche molle et contenant des cellules sécrétantes. Il existe des muscles pour la rétraction de cet organe, mais il n'y en a pas pour la protraction qui paraît se produire par la seule poussée du sang.

Tous les Insectes velus ne sont pas recouverts des poils que nous avons décrits ; beaucoup, comme un grand nombre de Lépidoptères, par exemple, sont couverts de poils aplatis plus ou moins longs et larges, ayant, les uns la forme de bandes, les autres de véritables écailles qui s'insèrent, par un pédoncule mince et dilaté un peu en fer de lance à son extrémité, dans un repli du tégument constituant une sorte de gaîne de même forme. C'est ce qu'il est facile de reconnaître, par exemple, sur le *Vanessa Io* et la plupart des Papillons de cette tribu. Ces écailles, nous l'avons dit, ont des formes très-différentes : tantôt elles s'arrondissent en ovale, tantôt en cercle, tantôt en palette ou en raquette et sont, en général, décorées de dessins variés et très-délicats. Ce sont ces écailles qui, coloriées de diverses manières, donnent aux ailes des papillons les brillantes couleurs que nous admirons chez eux.

Mais sur le même Insecte, sur la même aile du même Papillon, non-seulement on trouve des écailles de formes différentes, mais on en rencontre qui paraissent d'une nature spéciale. C'est ainsi que sur les *Piérides* on observe, outre les écailles ordinaires, des écailles qui ne sont pas plates, mais fusiformes, avec leur extrémité libre laciniée de filaments plus ou moins longs, tandis que le bulbe du pédoncule est lui-même frangé de filaments analogues. D'autres, laciniées aussi à leur bout supérieur, sont dilatées et bifurquées en forme de cœur à leur extrémité inférieure qui porte aussi un pédoncule avec un bulbe frangé; ces écailles, qu'on trouve à la face supérieure des ailes des mâles, sont désignées sous le nom de *plumules* (fig. 249, 250 et 251).

Chez les Papillons des genres *Lycœne* et autres voisins, les plu-

mules ont la forme de raquette et les micrographes anglais les désignent en effet sous le nom de « battledores » (raquettes).

Ces plumules, particulièrement celles des *Pieris* et des *Lycœne*, sont ordinairement marqués de dessins très-fins qu'on ne peut *résoudre* qu'avec de bons objectifs, et qui ont cet avantage que les

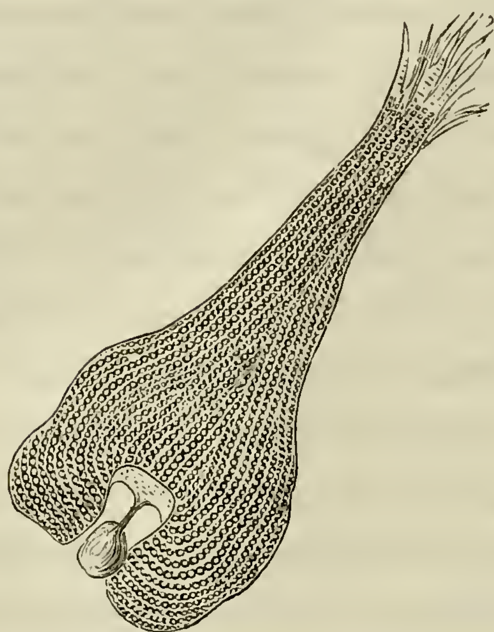


Fig. 249. — Plumule du *Pieris rapæ*.

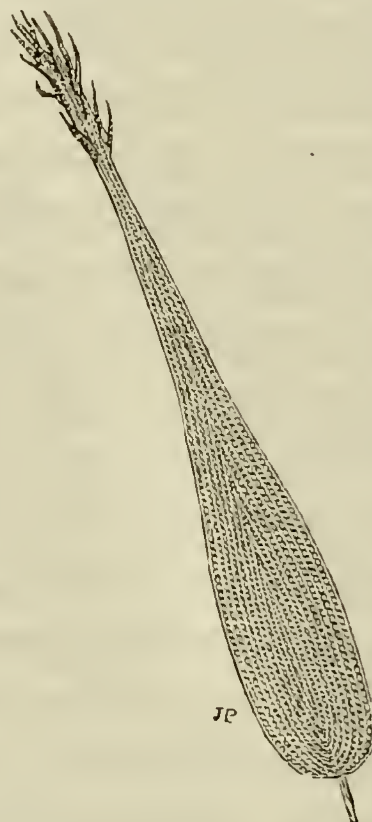


Fig. 250. — Plumule du *Satyrus Semele*.

détails en étant variables, il faut que l'objectif les fasse *voir* réellement, car on ne peut les *deviner*, comme on le fait pour beaucoup de tests-objets dont les dessins caractéristiques sont connus d'avance, si bien qu'on les reconnaît, alors même que l'objectif les montre fort mal, parce qu'on les *sait* et qu'on les a, comme on dit, dans l'œil.

De plus, ces dessins ont une certaine profondeur et ne sont pas sensiblement dans un même plan, comme les fines stries des Diatomées difficiles, aussi les plumules du petit Papillon du chou (*Pieris rapæ*) sont-elles fort utiles aux opticiens pour *régler* les systèmes de lentilles qui composent les objectifs.

Nous avons dit déjà, en effet, que les écailles diverses d'un grand nombre de Lépidoptères ou d'autres Articulés écailleux sont fréquemment employés comme tests-objets pour éprouver les qualités

de définition des objectifs. Il nous faut revenir ici sur ce sujet au point de vue de la structure de l'écaille.

On peut admettre, avec le Dr Carpenter, que l'écaille, quelle que soit sa forme, est une cellule plate (1), composée, par conséquent, d'une membrane supérieure et d'une membrane inférieure; mais la question de savoir si les dessins appartiennent à l'une ou l'autre ou à l'une et l'autre des membranes, ou encore s'ils résultent d'épaississements situés entre les deux membranes, est beaucoup plus difficile à résoudre, et d'ailleurs n'est pas résolue. Quant à nous, nous pensons que ces dessins sont dus à des épaississements *internes* de l'une et de l'autre des deux faces, du moins dans un grand nombre de cas, car il est évident que toutes les écailles et les plumules ne sont pas constituées exactement de la même façon.

C'est ainsi que parmi les tests-objets employés pour éprouver le pouvoir définissant des objectifs moyens, l'un des plus utiles est l'écaille du *Lepisma saccharina*, Insecte *Thysanoure* qu'on trouve dans les vieilles boiseries et qui est recouvert d'écailles argentées. Examinées avec un bon objectif (Nos 3 à 5 Nachet, 5 à 8 Hartnack, 1/4, 1/5, 1/7, 1/8 de pouce Beck, Powell et Lealand, Swift, CC, D, DD, E. Zeiss), ces écailles présentent des nervures longitudinales à peu près parallèles, formées d'une double ligne, que coupent obliquement d'autres stries rayonnant de la base du pédoncule et qui suivent, dans ce point, le contour inférieur de l'écaille. Très-marquées à la base et sur les bords, ces lignes sont presque effacées au centre et elles divisent, en raison de leur direction rayonnante, les lignes parallèles en des segments de plus en plus longs suivant qu'elles les coupent à une distance plus ou moins grande de la base. Ces dernières lignes paraissent donc divisées vers leur partie inférieure, en points ronds, et, vers le haut, en points de plus en plus allongés (fig. 251).

Des discussions se sont élevées sur la structure de ces lignes et de ces points, mais M. R. Beck nous paraît y avoir mis fin à l'aide d'une expérience très-ingénieuse qui prouve que les lignes appar-

(1) Elle résulte du développement d'une cellule (de la couche chitinogène) qui s'est frayé un passage à travers la cuticule par un canal poreux.

tiennent à la surface de l'écaille, les lignes parallèles à la face supérieure et les lignes rayonnantes à la face inférieure.

En effet, si l'on examine l'écaille dans une goutte d'eau, toutes les stries disparaissent. Elles appartiennent donc à la surface et ne sont visibles dans l'air que par une différence de réfraction qu'un autre milieu plus réfringent, l'eau, vient détruire. Mais si l'on applique une écaille par sa face supérieure et une autre par sa face inférieure, sur le porte-objet, qu'on les recouvre d'un verre mince maintenu à ses quatre coins par un peu de colle et qu'on dépose une goutte d'eau sur le porte-objet au bord du verre mince, l'eau pénètre par capillarité sous ce dernier, puis sous les écailles. La face supérieure de l'une des écailles se trouve ainsi dans l'eau tandis que la face inférieure est encore sèche; l'autre écaille est dans des conditions inverses. En les examinant, à ce moment, avec un objectif 1/8 de pouce, et en les éclairant avec le condensateur achromatique, M. R. Beck a constaté que chaque écaille n'offre plus que les lignes parallèles ou que les lignes rayonnantes selon que c'est sa face inférieure ou sa face supérieure qui est envahie par l'eau (1).

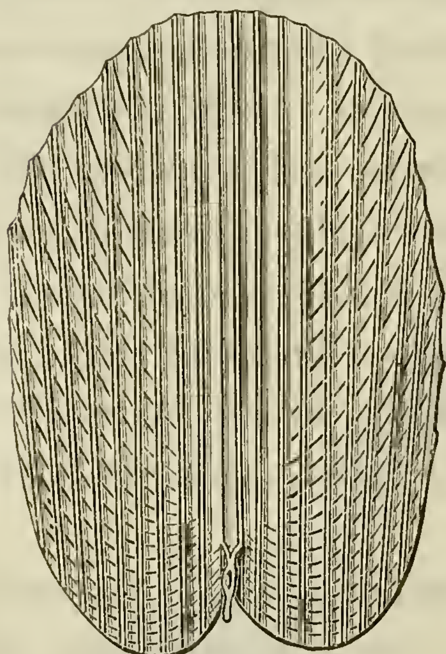


Fig. 251. — Écaille du *Lepisma saccharina*.

Éclairée par la lumière réfléchie sur champ noir, ou à l'aide du paraboloïde de Wenham, l'écaille du *Lepisma* montre encore, sous les objectifs les plus puissants que l'on puisse employer avec ce mode d'éclairage, entre les lignes parallèles, une fine rayure (quatre stries dans chaque intervalle) qui paraît due à un léger plissement de la membrane, et sur les nervures parallèles elles-mêmes, une striation transversale due à des rugosités ou à des rides de la même membrane (Anthony).

Les écailles des Piérides présentent des dessins analogues, c'est-

(1) R. Beck, *Treatise on the achromatic Microscopes*, London, in-8°, 1865.

à-dire des lignes parallèles, sortes de nervures vigoureusement marquées, divisées en séries de points ou en chapelets par des stries transversales. Ces détails n'offrent aucune difficulté de résolution pour de bons objectifs, non plus que les plumules du *Pieris rapæ* dont les dessins sont analogues, mais en lignes plus capricieuses, ainsi que nous l'avons dit plus haut. Les écailles de l'*Hipparchia Janira*, souvent employées comme test, sont dessinées comme celles des *Pieris*, mais les nervures longitudinales sont plus larges, les stries transversales de ces nervures beaucoup plus délicates et plus difficiles à apercevoir. Enfin celles du *Satyrus*, *Lycæne* ou *Polyommatus Argus*, qu'on emploie peu comme test, sont, au contraire, très-difficiles à résoudre; les stries transversales des nervures longitudinales sont excessivement fines, et, pour les voir nettement, il faut arriver aux objectifs n° 7 et, surtout n° 9, de Prazmowski, et aux D, DD de Zeiss; mais ceux qui nous les ont montrées le plus facilement sont le 1/5 de pouce de Beck qui, malgré son faible grossissement relatif (1), les résout avec une admirable finesse, et le n° 5 de Nachet (fig. 252).

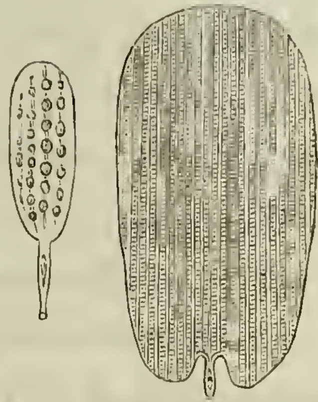


Fig. 252. — Écaille et plumule du *Lycæne Argus*.

D'ailleurs la résolution des dessins des écailles de Lépidoptères et autres Insectes, qui sert, comme nous l'avons dit, aux opticiens pour régler les objectifs et pour évaluer la correction des aberrations sphériques et chromatiques (2), est mieux obtenue par les objectifs construits sur un angle d'ouverture un peu moins grand et doués de plus de pénétration, objectifs que nous pouvons appeler objectifs de travail, que par les systèmes à trop grand angle dont on ne peut invoquer le secours que dans des cas déterminés.

Les plumules « en raquette » du *Lycæne Argus* sont marqué de 4 ou 5 nervures interrompues de distance en distance par des nodosités qui paraissent saillantes. Tel est, du moins, l'aspect général

(1) Les objectifs n° 7 et 9 de Prazmowski et Hartnack ont 1/6 et 1/11 de pouce, le n° 5 de Nachet, 1/8.

(2) M. Nachet se sert pour cette étude des écailles du *Podura*, et M. Prazmowski des plumules du *Pieris rapæ*.

de la plumule, car nous avons aussi lieu de penser qu'elle porte des dessins différents sur les deux faces, et il est possible que les nodosités des nervures ne soient que l'intersection des lignes sinueuses et capricieuses, mais de direction généralement transversale, situées sur l'une des faces, avec les quatre ou cinq nervures longitudinales de l'autre face. C'est du moins ce qui paraît résulter de l'examen de ces plumules, assez épaisses, avec un objectif à grand angle, d'un grand pouvoir résolvant, mais de peu de profondeur (n° 8, à 4 lentilles, à sec, de Prazmowski, par exemple) et qu'on peut mettre au point pour les deux faces (fig. 252). Les plumules de l'*Argus Adonis* mesurent de $0^{mm},08$ à $0^{mm},10$ de long, et les écailles ordinaires de l'aile de $0^{mm},20$ à $0^{mm},22$.

Lorsque les écailles des Insectes se trouvent superposées sur le porte-objet et qu'on les voit l'une à travers l'autre, les intersections réciproques de leurs stries présentent des dessins divers et réguliers dont il est facile de s'expliquer la nature par la manière dont ils sont formés.

Pour terminer ce qui a rapport aux écailles, et particulièrement à celles qui sont employées comme test-objets, nous devons signaler encore celles d'un petit Crustacé sauteur, le *Podura plumbea*, ou *Lepidocyrtus curvicollis*, qui vit dans les caves et les vieilles boiseries. Ces écailles, sous un faible grossissement, paraissent moirées, mais, avec une amplification plus considérable, on reconnaît qu'elles sont couvertes de points allongés terminés par une extrémité effilée et très-fine, des « points d'exclamation » (!) D'après les expériences de M. Joseph Beck, ces dessins, qui paraissent ordinairement disposés en lignes longitudinales, sont dus à des rugosités de la surface extérieure de la membrane du dessous de l'écaille (face appliquée contre le corps de l'animal), aux ondulations de la surface externe de la membrane du dessus et à des épaississements situés entre les deux membranes. Les belles photographies que le Dr Woodward, de New-York, a obtenues de ce test avec des grossissements de 3,200 diamètres prouvent que les dessins qu'il porte sont dus à des détails de structure de l'écaille et ne sont pas la résultante de plusieurs effets d'optique (fig. 253).

Les différentes écailles de Lépidoptères, et même celles du Lepisma,

ne peuvent être considérées comme des tests d'une certaine valeur que pour les objectifs moyens et dans la lumière centrale, car tous les objectifs d'environ 1/5 de pouce (n° 7 Hartn., n° 4 Nachet) doivent en résoudre les stries dans la lumière oblique. Mais les poils des autres Insectes, par exemple ceux de l'Abeille, peuvent servir de tests pour éprouver la correction chromatique des objectifs.

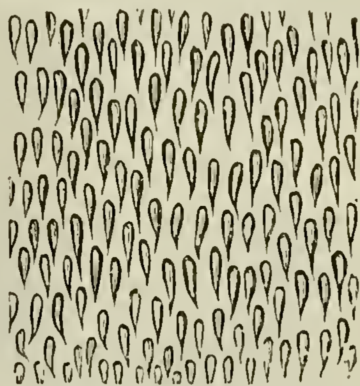


Fig. 253. — Dessin d'un fragment de l'écaille du *Podura plumbea.*

Préparation. — On prépare les téguments des Insectes dans la glycérine ou dans la térébenthine, ou même dans le baume de Canada, suivant la nature de ces téguments et le degré de transparence dont ils jouissent. Les téguments mous, comme ceux des larves, doivent être traités préalablement par l'essence de térébenthine pour dissoudre la graisse dont ils sont toujours imprégnés. On trouve souvent, notamment dans les eaux stagnantes, les dépouilles que les larves aquatiques abandonnent après chaque mue, celles des Libellules, des Culicides, des Éphémères, etc., lesquelles fournissent d'excellentes préparations toutes faites que l'on peut conserver dans la glycérine ou dans la térébenthine. On obtient des *peaux* de larves, à peu près dans le même état, par le procédé de Leeuwenhoëck qui consiste à plonger rapidement la larve, la chenille, par exemple, dans l'eau bouillante, ce qui permet d'enlever facilement le tégument.

Beaucoup de ces préparations se font sur champ noir, soit à sec, soit dans le baume de Canada, pour montrer la disposition des stries et des réticulations de la couche superficielle ou l'arrangement des écailles. Dans certains cas, la présence du baume ou d'un autre milieu nuit à l'effet de la préparation, dans d'autres au contraire, elle l'améliore. Il est bon d'essayer, avec une goutte de térébenthine, sur un petit fragment de l'objet qu'on veut préparer, s'il y a ou non avantage à se servir d'un milieu réfringent ou à faire la préparation à sec. Les écailles de Lépidoptères ou autres Articulés, se préparent ordinairement à sec, ainsi que les poils. S'il s'agit d'un Papillon, on appuie le porte-objet sur la face supé-

rieure des ailes de manière à détacher quelques écailles qui restent adhérentes au verre et qu'on recouvre avec une lamelle mince. S'il s'agit de la préparation d'un test-objet, on ne récolte que les écailles des ailes ; pour l'*Hipparchia Janira*, on choisit de préférence les femelles, et pour les *Pieris*, les *Lycæne*, dont on veut observer en même temps les plumules, on choisit les mâles.

Les *Lepisma*, et surtout les *Podura*, sont assez difficiles à prendre et à manier. M. R. Beck conseille de les enfermer dans une petite boite de carton percée de trous d'épingle et de les chloroformer à travers les trous. On peut alors les saisir et les brosser doucement avec un morceau d'étoffe de velours, par exemple, sur lequel les écailles s'attachent. On applique ensuite le porte-objet sur l'étoffe après avoir, au besoin, projeté l'haleine à sa surface pour déterminer l'adhérence des écailles au verre ; quand l'humidité s'est dissipée, on recouvre avec la lamelle mince.

La préparation des poils se fait de même et ne présente aucune difficulté. Toutes ces préparations doivent être examinées sur champ noir et surtout avec le microscope binoculaire. Il y a, en général, avantage à les faire sur champ transparent, parce qu'on a ainsi la possibilité de les étudier par transparence, si la nature de l'objet le permet, et sur champ noir en obturant le trou de la platine par un diaphragme plein ou en employant, soit le miroir de Lieberkühn, soit le paraboloïde de Wenham qui, avec les faibles grossissements, donnent d'excellents résultats.

CHAPITRE X

II. — LES INSECTES (*suite*).

Fonctions de nutrition.

Nous avons à examiner d'une manière rapide, dans les Insectes, les appareils relatifs aux fonctions de nutrition (digestion, circulation, respiration, innervation), de reproduction, de relation, les organes des sens et quelques appareils spéciaux à certains Insectes.

Appareil de la digestion. — L'appareil de la digestion se compose de la bouche et du tube digestif avec ses annexes.

La bouche est munie d'un grand nombre de pièces dont la forme varie d'un ordre d'Insectes à un autre, au point de devenir méconnaissable, mais permettant néanmoins de reconnaître l'unité de plan qui a présidé à la constitution de ces organes chez tous les Insectes. Ces pièces sont disposées par paires symétriques de chaque côté de la ligne médiane de la tête, et même celles qui paraissent impaires résultent de la soudure ou de la non-séparation des deux moitiés, droite et gauche, qui les composent. On admet que chacune de ces paires appartient à l'un des segments soudés entre eux qui constituent la tête et dont quelques-uns sont encore distincts dans certaines espèces.

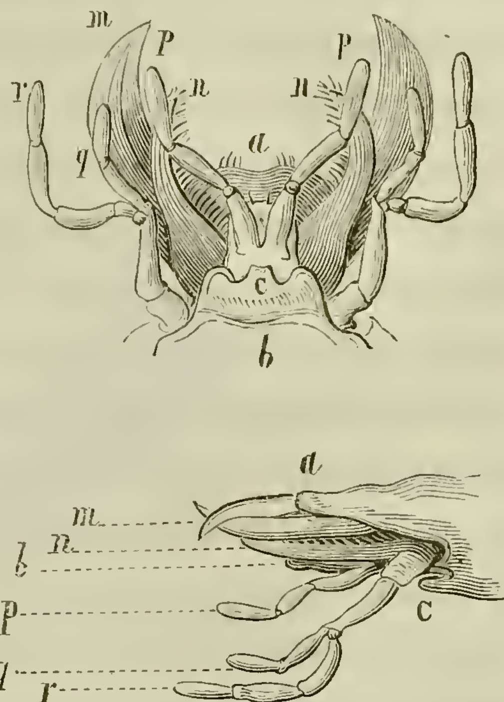


Fig. 254. — Bouche d'un Carabe.

Dans la figure supérieure les organes sont vus à plat par la face ventrale, et de profil dans la figure inférieure.

a, lèvre supérieure; *b*, lèvre inférieure portant le menton *c*, et les palpes labiaux *p* ; *m*, mandibules; *n*, mâchoires portant les palpes maxillaires *q*, *r*.

La bouche est limitée à la partie supérieure par une lamelle transversale, plus ou moins longue et mobile, qu'on appelle *lèvre supérieure* ou *labre*, et, à la partie inférieure, par une *lèvre inférieure* qu'on appelle souvent *languette*, en raison de la forme allongée qu'elle prend quelquefois. Ainsi que nous venons de le dire, chacune de ces deux lamelles ou lèvres est formée de deux pièces latérales réunies sur la ligne médiane et dont la suture peut souvent se distinguer. La lèvre inférieure porte parfois à sa base un épaississement qu'on appelle *menton*.

Entre les deux lèvres, se meuvent *latéralement*, et dans un plan horizontal, comme deux paires de ciseaux posées à plat l'une sur l'autre, deux paires d'organes masticateurs, chez les Insectes broyeurs (Coléoptères, Névroptères, Orthoptères). La paire supérieure est formée de deux *mandibules* souvent très-longues et for-

tement dentées (*Carabus*, *Cicindela*, *Manticora*, *Locusta*) qui saisissent la proie vigoureusement et la déchirent. On sait qu'en faisant mordre un morceau d'étoffe par une grande Sauterelle (*Locusta*) on lui arrache la tête plutôt que de lui faire lâcher prise. Au-dessous des mandibules, se meuvent de la même manière les *mâchoires*, organes ordinairement moins forts que les mandibules. Enfin, plus profondément et dans la cavité buccale, on remarque, chez certains Insectes surtout, deux petits corps impairs situés l'un au-dessus de l'autre et qu'on appelle l'*epipharynx* et l'*hypopharynx*. On admet que ces petits corps, dont la fonction paraît être de circonscrire la cavité buccale en arrière et de former comme l'isthme du gosier, sont composés chacun de deux moitiés symétriques soudées sur la ligne médiane. Enfin, le plancher de la bouche, présente quelquefois un très-petit tubercule que l'on suppose représenter la langue. Chaque mâchoire porte un ou même deux appendices, formés d'articles bout à bout en nombre variable, les *palpes maxillaires*, tandis que la lèvre inférieure en porte une autre paire formant les *palpes labiaux*. Ces palpes, dont la structure rappelle celle des antennes, sont sans doute des organes de tact ou, selon quelques auteurs, de goût ou d'odorat.

Telle est la composition, pour ainsi dire normale, de la bouche des Insectes, mais les pièces qui la composent sont l'objet de variations considérables suivant la classe, le genre et même l'espèce à laquelle appartient l'animal. Certaines pièces peuvent prendre une grande extension, tandis que d'autres, par compensation, éprouvent un arrêt de développement plus ou moins complet. C'est ainsi que chez les Insectes suceurs, les **Lépidoptères**, les mâchoires se transforment en deux longs filets que l'Insecte roule en spirale pendant le repos et qu'il déroule pour pomper sa nourriture. Ces deux filets, qui composent la trompe du Papillon, et qui peuvent atteindre, dépasser même d'autant, la longueur du corps de l'Insecte, sont deux tubes creusés en gouttière tout le long de leur côté interne et qui, en se rapprochant, constituent un canal par lequel les liquides aspirés montent jusqu'à la bouche ; ils sont zébrés de lignes transversales qui, peut-être, correspondent à des muscles, bordés de papilles en forme de dents inclinées, parcourus dans

toute leur longueur par une trachée ou vaisseau aérien qui, sans doute, joue un rôle dans l'acte de la succion. Leur extrémité, terminée en pointe, est papilleuse, et dans certaines espèces (*Vanessa*, *Lycæne*, etc.), ces papilles forment une double ou triple rangée de corps fusiformes implantés sur le filet et terminés par une couronne de petites pointes au milieu desquelles s'élève une autre pointe un peu plus haute (fig. 255).

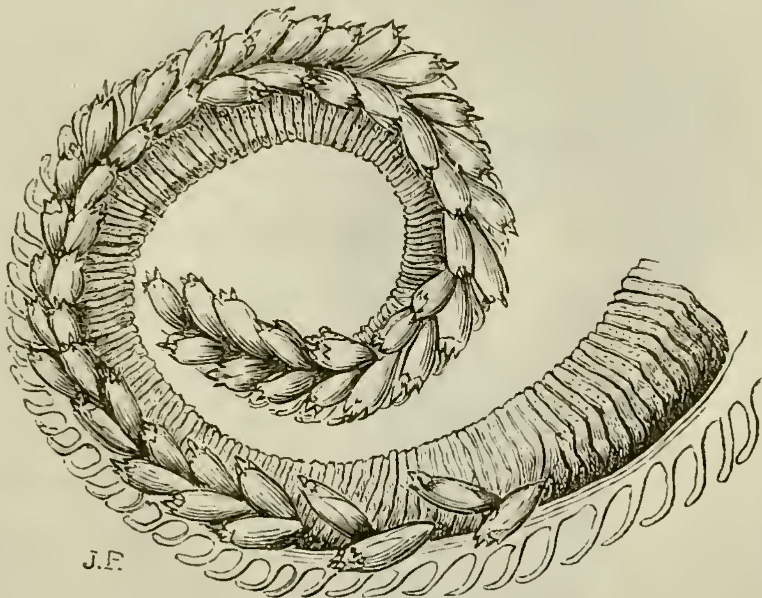


Fig 255. — Extrémité de la trompe du *Vanessa Io*.

Chez les Papillons qui ne prennent pas de nourriture à l'état parfait, la trompe est presque atrophiée, mais, chez tous, elle porte à sa base deux petites écailles qui représentent les palpes maxillaires rudimentaires ; les mandibules, et même la lèvre supérieure, sont atrophiées, quoiqu'on en retrouve les restes, mais la lèvre inférieure est presque toujours assez visible et porte de petits palpes labiaux.

Chez les **Hémiptères** et beaucoup d'**Hyménoptères**, c'est la lèvre inférieure qui prend un développement considérable, tandis que les autres pièces, au lieu de s'atrophier, se transforment, mais d'une manière très-différente. Chez les Hémiptères (Punaises, Corizes, Pucerons), elle s'allonge en une sorte de tube, composé d'un, deux ou trois articles bout à bout et ouvert à ses deux extrémités. Ce tube peut servir de gaîne aux mâchoires et aux mandibules transformées en quatre *soies* raides et aiguës, barbelées, même, à leur pointe. A l'aide de ces quatre scies, que l'insecte fait sortir par l'ouverture inférieure de leur gaîne, il perce la peau des animaux ou

l'épiderme des végétaux, et suce le sang ou les sucs dont il se nourrit, en déversant ordinairement dans la plaie un liquide irritant, produit de glandes particulières (salivaires, sans doute). La lèvre supérieure ferme par en haut l'appareil de succion.

Chez certains Hyménoptères, l'Abeille par exemple, la lèvre inférieure ne se développe pas en tube, mais en une sorte de langue aplatie et marquée de stries transversales et papilleuses (fig. 256).



Fig. 256. — Bouche d'Abeille.

Lèvre inférieure transformée en *langue* avec les deux palpes labiaux et les deux mâchoires écailleuses portant les palpes maxillaires pareillement écailleux.

Son extrémité, garnie de poils fins, est plus papilleuse encore. Les mâchoires forment deux pièces qui s'appliquent contre la base de cette sorte de langue, et lui servent de gaîne, ainsi que les palpes maxillaires transformés en deux longues écailles velues. Les palpes labiaux longs aussi, composés de plusieurs articles, écailleux et velus, s'appliquent de même contre la langue. Quant aux mandibules, elles subsistent, ainsi que le labre, elles sont même souvent

dentées, mais elles ne servent plus à la mastication ; ce sont des outils avec lesquels l'Abeille malaxe la cire, construit ses alvéoles et ronge les corps durs qu'elle veut perforer. Ainsi, les Abeilles et

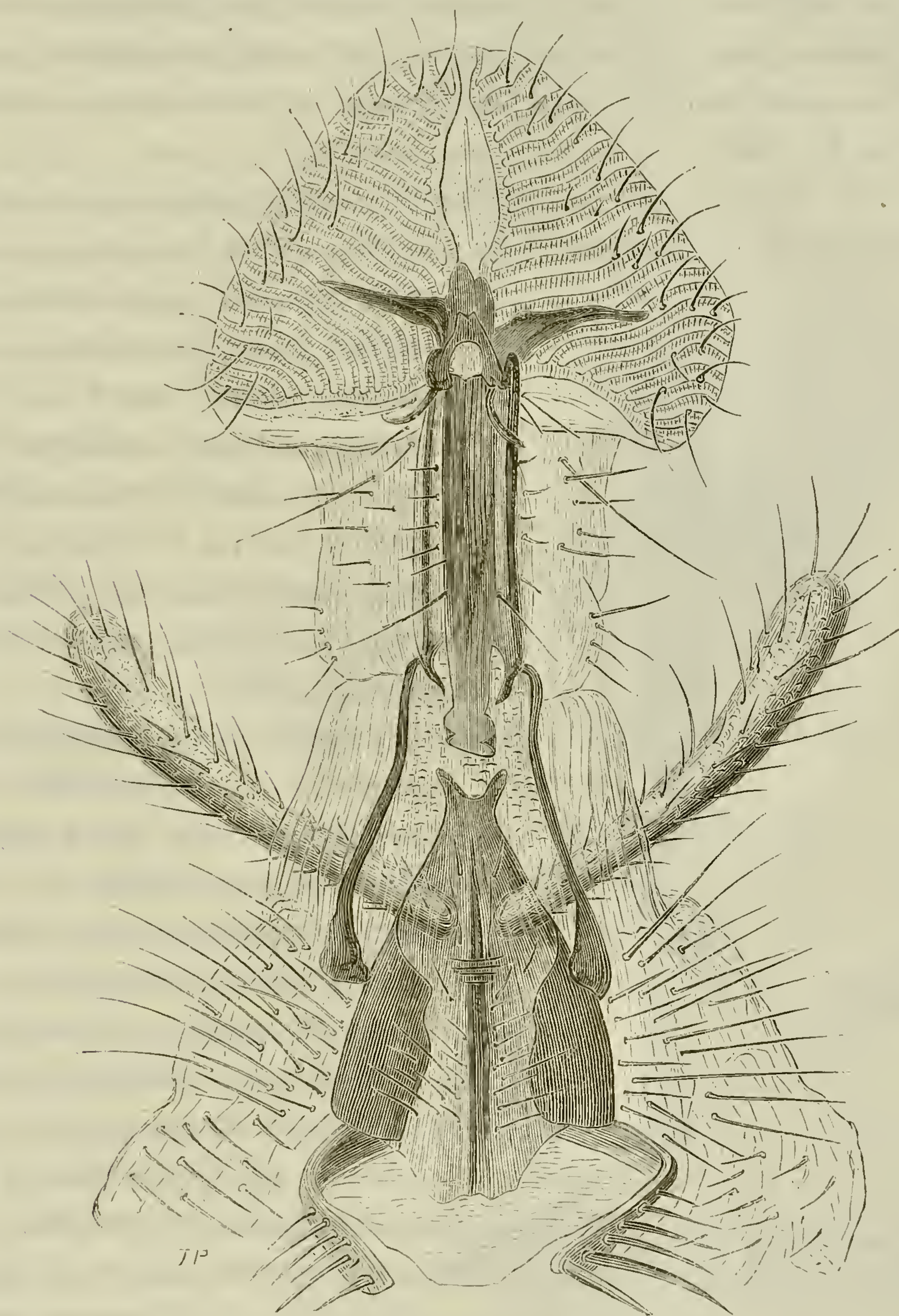


Fig. 257. — Trompe de Mouche (*Musca vomitoria*).

les autres Mellifères ne sucent pas les liquides, mais plutôt les lappent par une sorte de mouvement vermiculaire de la lèvre inférieure allongée en langue.

Chez certains **Diptères**, comme les Cousins (*Culex*), et aussi chez

les **Aptères** suceurs (Puce, Pou), l'appareil buccal ressemble beaucoup à celui des Hémiptères et de la Punaise, par exemple, mais chez d'autres, comme les Mouches proprement dites (*Musca*), la lèvre inférieure qui est encore la pièce la plus développée de cet admirable organe, prend une forme tout à fait particulière, et qui justifie complétement le nom de trompe qu'on lui donne ordinairement (fig. 257).

Le tube digestif, dans son état le plus complet, et chez les Insectes à l'état parfait, se compose d'un *œsophage*, d'un *jabot,* d'un *gésier*, d'un *estomac* qui se rétrécit en *pylore* pour se continuer en un *intestin* dans lequel on peut même souvent distinguer un *côlon* et un *rectum*, séparés parfois par un *cœcum*. Le rectum aboutit dans une cavité ou *cloaque*, près des organes génitaux (fig. 258).

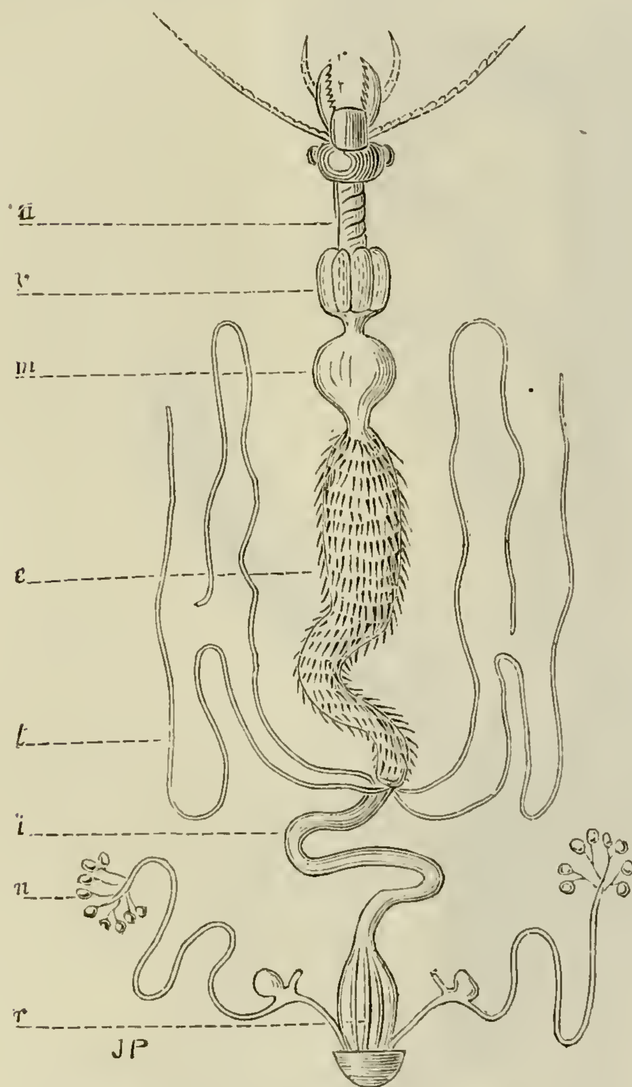


Fig. 258. — Tube digestif d'un Carabe.

a, œsophage ; *b*, jabot ; *m*, gésier ; *e*, ventricule ou estomac hérissé de follicules gastriques ; *i*, intestin ; *r*, rectum ; *t*, tubes de Malpighi ; *n*, glandes anales et leur conduit excréteur.

Le jabot manque quelquefois et paraît plus particulier aux Insectes suceurs qui y emmagasinent les liquides et s'en servent comme d'une pompe pour aspirer. La digestion, cependant, paraît y commencer. Le gésier est remarquable par l'épaisseur de ses parois musculaires qui y forment des plis longitudinaux très-saillants, et sont souvent munies de dents chitinisées de diverses apparences. Ces parois exercent évidemment une trituration plus ou moins énergique des aliments, avant le passage de ceux-ci dans l'estomac, passage qui se fait par une valvule munie de pointes et de dentelures destinées à diviser ou à *débiter* la masse alimentaire (fig. 259). La muqueuse interne de l'estomac est creusée ou hérissée de petits

tubes, follicules qui sécrètent, sans doute, un suc gastrique. Mais à sa région pylorique, l'estomac reçoit des canaux longs, fins et sinueux, souvent en nombre considérable, qu'on regarde comme des canaux biliaires. D'autres vaisseaux analogues aboutissent à l'insertion du gros intestin, et sont plus particulièrement désignés sous le nom de *vaisseaux de Malpighi*. Ils présentent des cellules à sécrétion, très-grandes chez certains Insectes, comme les Lépidoptères. Ce sont des canaux urinaires dans lesquels on trouve souvent des cristaux d'urates. On peut étudier ces deux ordres de vaisseaux, trop souvent confondus, bien que les uns représentent un foie et les autres des reins, chez le Hanneton, la Cétoine dorée, les Carabes, etc.

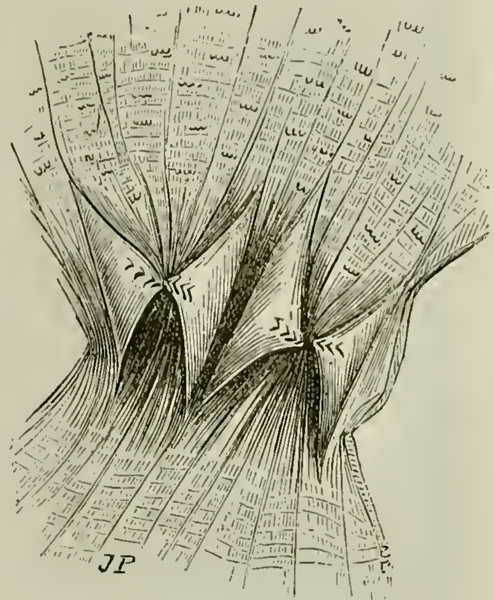


Fig. 259. — Valvule stomacale de la nymphe d'*Æschna maculata*.

La valvule se compose de quatre pointes chitineuses munies de dentelures. Au-dessus de la valvule on voit la surface de la muqueuse du gésier, portant de petits groupes de dents, et les fibres musculaires striées de la couche sous-jacente; au-dessous de la valvule, la surface de la muqueuse gastrique. L'organe a été fendu dans sa longueur et étalé sur le porte-objet. (Obj. D de Zeiss.)

Chez les Insectes parfaits, le tube digestif est beaucoup plus long et plus étroit que chez les larves, les chenilles, par exemple, chez lesquelles il est très-gros et très-court.

La paroi du tube digestif est composée de trois couches : l'externe, mince et hyaline, paraît être formée de tissu conjonctif; la seconde, plus épaisse, est composée de fibres musculaires striées, qui s'entre-croisent dans tous les sens. La tunique interne, muqueuse, est revêtue d'un épithélium délicat.

La forme et la dimension du tube intestinal et des organes qui le composent, varient d'ailleurs beaucoup dans les différentes classes d'Insectes, et, bien qu'il soit en général plus long, comme nous l'avons dit, chez les Insectes à l'état parfait, il arrive cependant que certains d'entre eux, qui ne mangent plus à cet état, ont un intestin à peu près atrophié. C'est ainsi que dans le papillon du Ver à soie (*Bombyx*, *Sericaria mori*), le gros et court tube intestinal de la chenille est remplacé par un seul estomac, un intestin grêle,

atrophié, et un cœcum très-développé, dans lequel s'accumule un liquide trouble, rougeâtre, de nature urique, que le papillon rejette avant ou après l'accouplement (fig. 260 et 261).

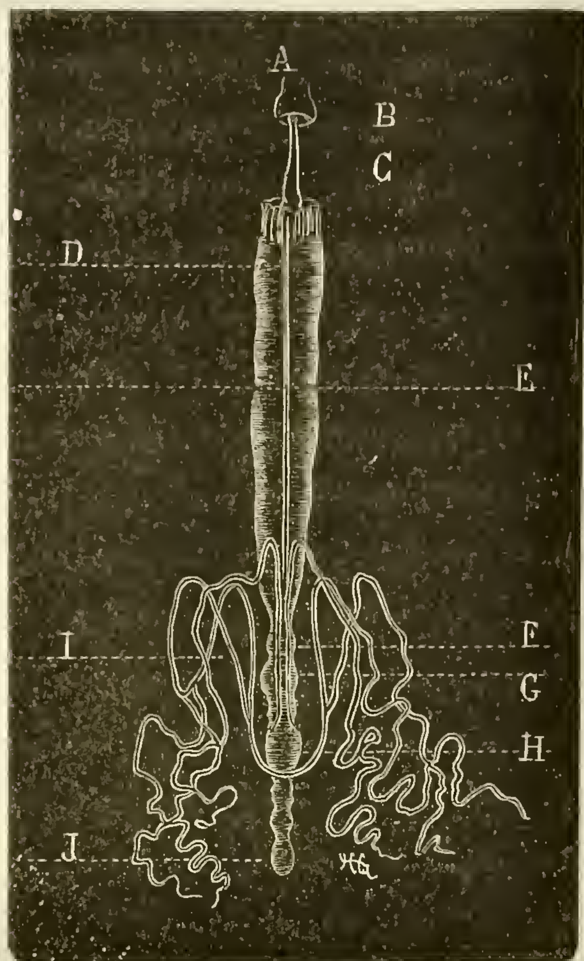


Fig. 260. — Tube digestif de la chenille du *Bombyx mori* (Ver à soie.)

A, cavité buccale; *B*, œsophage; *C, D, E*, ventricule gastrique ou estomac; *F, G, H*, intestin; *J*, rectum; *I*, tube de Malpighi.

Chez les Insectes, au contraire, qui présentent un tube intestinal à son maximum de développement, comme la grande Sauterelle verte (*Locusta viridissima*), l'Abeille, la Guêpe, la Mouche domestique, les *Sylpha*, etc., on trouve, outre les glandes gastriques de l'estomac, des papilles intestinales très-compliquées sur la muqueuse du gros intestin, papilles qu'on a souvent désignées sous le nom de *glandes rectales*, bien que ce ne soient pas des glandes. Il arrive même que ces papilles, dans lesquelles pénètrent beaucoup de trachées, se segmentent de septa membraneux, et paraissent des organes branchiaux. Cette particularité se présente notamment chez la larve du *Phryganea grandis*, et Leydig voit, avec raison à notre avis, dans ces pseudo-glandes rectales une transition aux branchies rectales des larves aquatiques, telles que celles de la Libellule, ainsi que nous le verrons plus loin.

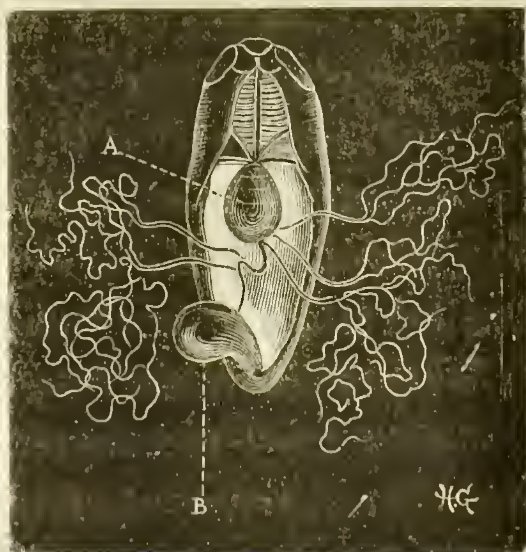


Fig. 261. — Tube digestif de la Chrysalide du *Bombyx mori*.

A, poche stomacale ; *B*, poche cœcale.

Il faut ajouter que les viscères des Insectes sont, en général, enveloppés dans un *tissu graisseux* très-abondant. Les cellules qui contiennent cette matière grasse, sous forme de globules jaunâtres, renferment aussi très-souvent des corpuscules

d'une matière brune ou verte soluble dans les alcalis. C'est dans ce tissu graisseux encore, que sont contenus les corpuscules phosphorescents du Ver luisant (*Lampyris splendidula*). Ces globules, plus foncés de couleur que les globules de graisse, solubles aussi dans les alcalis, sont contenus dans des cellules particulières, pédicellées ou ramifiées, au milieu des globules graisseux. Ils paraissent de nature inorganique, et Morren les considère comme un produit phosphoré, sécrété par les cellules de cet organe spécial. La combustion lente de ce produit serait entretenue par l'air contenu dans les nombreuses trachées qui se distribuent dans cette partie.

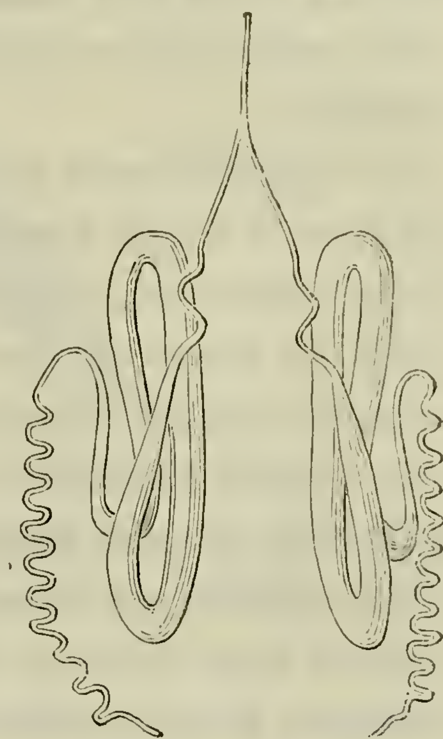


Fig. 262. — Appareil sécréteur de la soie chez le *Bombyx mori*.

Enfin, nous devons signaler comme des annexes de l'appareil digestif des glandes salivaires, souvent nombreuses et compliquées, qui se trouvent chez beaucoup d'Insectes, et qui se transforment chez certains d'entre eux en appareils producteurs de soie ou de venin.

Les glandes salivaires sont placées à la partie supérieure de l'œsophage; elles peuvent être monocellulaires ou présenter plusieurs acini. L'Abeille possède trois ordres de glandes de cette nature. Les glandes supérieures sont formées de plusieurs cellules enveloppées par une membrane commune qui se prolonge en pédicule, formant ainsi un conduit qui débouche dans un canal commun à tunique interne chitinisée. Dans les glandes inférieures, les acini terminaux sont composés d'une membrane propre et d'une tunique interne, entre lesquelles sont situées de petites cellules à sécrétion. La membrane interne, percée de petits trous correspondants aux cellules, forme une cavité qui se prolonge en un conduit excréteur. Celui-ci se joint aux conduits des autres acini, et le canal qui résulte de leur union débouche dans le conduit commun avec les canaux des glandes supérieures. Dans la chenille du Ver à soie, l'appareil salivaire se compose d'un long tube sinueux, com-

posé d'un grand nombre de cellules à noyau ramifié, qui débouche dans un vaste réservoir contourné en S. Celui-ci se termine par un tube fin, qui va se réunir à celui du côté opposé, pour former le *tube soyeux*, lequel aboutit à la filière, petit organe admirablement constitué, et situé sur la lèvre inférieure de l'Insecte (fig. 262).

Appareil de la circulation. — La circulation se fait, chez les Insectes, à l'aide d'un *vaisseau dorsal*, qui représente un cœur à plusieurs ventricules ou plusieurs cœurs, d'une aorte et d'un système lacunaire.

Le vaisseau dorsal parcourt toute la longueur du corps de l'animal dans la région dorsale. Il se compose d'une suite de chambres ou de ventricules, ordinairement en nombre égal à celui des segments du corps de l'Insecte, et communiquant par des orifices munis de valvules ou replis de la membrane interne, membrane qu'on peut appeler endocarde. Outre ces valvules, on trouve aussi dans le cœur de certains Insectes des cellules pédonculées, ou des groupes de cellules, qui s'avancent dans la lumière du vaisseau et, en se joignant avec celles du côté opposé, forment des valvules pendant la systole. Les parois de ce vaisseau sont d'ailleurs formées de faisceaux musculaires finement striés, et sont enveloppées par une très-fine membrane conjonctive. La contraction de ce cœur multiple se fait successivement, et va de l'arrière à l'avant, le sang passant toujours d'un ventricule dans le ventricule antérieur, parce que les valvules ne s'ouvrent que d'arrière en avant. Cette systole se produit par la contraction même des parois du vaisseau, et la diastole non-seulement par le relâchement de ces parois, mais par la contraction d'un système de muscles qui attachent le vaisseau dorsal aux anneaux du tégument. En avant, le cœur se continue avec un canal beaucoup plus mince qui fait fonction d'aorte et par lequel le sang sort de la cavité cardiaque pour se répandre dans les interstices des tissus. Le nombre le plus ordinaire des ventricules est de 5 à 7. A droite et à gauche, chaque ventricule est percé d'un *orifice veineux* par lequel le sang entre dans le cœur et qui est muni d'un repli ou invagination de la paroi formant valvule. Le vaisseau dorsal est séparé de la cavité viscé-

rale de l'abdomen par une lame de tissu conjonctif fenêtré formant les *ailes du cœur* ou *septum péricardique*. Ce septum, qui fixe le vaisseau aux parois du tégument, compose une cloison voûtée dans laquelle sont insérés des faisceaux musculaires qui embrassent le cœur (*s*, fig. 263). D'autres fibres musculaires isolées suspendent l'organe à la voûte dorsale. Entre les mailles du septum, pénètrent de nombreuses ramifications trachéennes qui paraissent se terminer à des cellules particulières colorées en jaune, en rouge

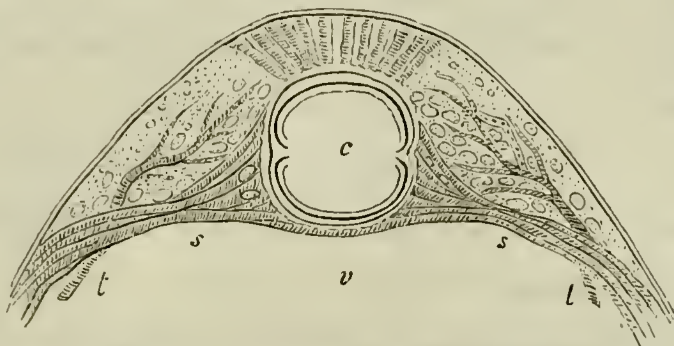


Fig. 263. — Coupe transversale de la région dorsale d'un Insecte (*Locusta*).

ss, septum péricardique formé de tissu conjonctif et de fibres musculaires striées entre lesquelles sont répandues les cellules péricardiques et les ramifications des trachées *t*, *t*; *c*, section transversale du cœur avec ses trois tuniques interne ou intima, moyenne ou musculaire, externe ou adventice, percées de chaque côté d'un orifice veineux ; *v*, cavité viscérale.

ou en brun (*cellules péricardiques*) et répandues dans la chambre péricardique. Par la contraction des fibres musculaires du septum la voûte de celui-ci s'abaisse, le cœur est dilaté, la cavité viscérale rapetissée, et le sang veineux qui y est répandu passe par les interstices du septum pour pénétrer dans la chambre péricardique. Il arrive ainsi au contact des cellules péricardiques en rapport avec les trachées et, d'après M. Graber, s'y charge d'oxygène ; il entre alors, artérialisé, par les orifices latéraux, dans le cœur qui serait ainsi un cœur artériel. La systole du cœur, par la contraction de ses parois musculaires ainsi que par le relâchement des fibres du septum et des muscles suspenseurs, chasse le sang vers l'aorte, en même temps que la dilatation concomitante de la cavité viscérale appelle le liquide nourricier dans les tissus de cette dernière cavité, tissus qui sont pénétrés par une immense quantité de trachées.

D'après les belles observations de M. Graber, la respiration qu'on croyait absolument diffuse, chez les Insectes, et se produisant dans toute l'épaisseur des tissus à l'aide des trachées, aurait

donc néanmoins un centre spécial dans la cavité dite péricardique.

Le sang lui-même se présente, ainsi que nous l'avons dit, comme un liquide ordinairement incolore, souvent jaunâtre et, plus rarement encore, vert, bleu ou violet ; il est à remarquer, que lorsque le sang est coloré, c'est au sérum qu'il doit sa nuance, les globules sanguins étant toujours incolores. Ces derniers ont très-souvent un aspect muriforme ou étoilé qui n'est pas dû, comme chez les Vertébrés, au contact de l'eau, car les globules qu'on voit, par transparence, circulant dans le vaisseau dorsal de certains Insectes vivants, présentent cet aspect (on peut observer facilement la circulation chez les larves des Éphémères). Ces globules du sang des Insectes sont comparables aux globules blancs du sang des Mammifères. Ils en ont les mouvements amiboïdes et changent très-rapidement de forme.

Appareil de la respiration. — Ainsi que nous venons de le dire, l'air pénètre par les trachées dans le corps de l'Insecte. Les trachées sont des vaisseaux remarquables par l'apparence qu'ils présentent d'un fil roulé en spirale. Ce fil est formé par un épaississement de la membrane interne, chitinisée, de la trachée ; il est recouvert extérieurement par une tunique conjonctive, dite *péritonéale*, formée par la fusion des cellules du corps graisseux ambiant avec lequel elles restent en connexion intime, cellules dont les noyaux subsistent. La membrane interne présente, outre l'épaississement spiral, des prolongements et des saillies qui en font paraître la surface comme ponctuée ou réticulée. Les trachées se renflent souvent en des *sacs aériens* ou *vésicules trachéennes*, parfois très-considérables et dans lesquelles les ponctuations et les réticulations de la membrane interne sont surtout remarquables. Ces sacs sont très-considérables chez certains Hyménoptères, par exemple chez l'Abeille.

Les trachées aboutissent à l'extérieur par des ouvertures appelées *stigmates*. Ces ouvertures, de forme variable, circulaire, irrégulièrement elliptique ou réniforme, sont placées sur les deux côtés de chaque segment de l'abdomen et sur deux des trois segments soudés qui constituent le corselet. Les stigmates abdominaux ont leur orifice grillagé, pour ainsi dire, par des touffes de poils qui arrêtent les

corps étrangers; les stigmates thoraciques sont munis de lamelles et d'appareils très-complexes à l'aide desquels l'Insecte peut obturer l'ouverture de la trachée. C'est à cette faculté qu'ont ces animaux d'enfermer dans leurs organes une grande quantité d'air et d'empêcher l'accès de l'air extérieur, qu'ils doivent de pouvoir résister très-longtemps à l'action d'atmosphères délétères, vivre dans des poudres vénéneuses et traverser sans périr des étendues d'eau relativement considérables (fig. 264).

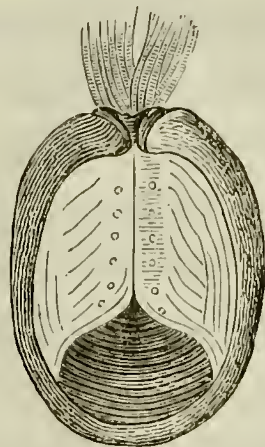


Fig. 264. — Stigmate de la Mouche (*Musca vomitoria*).

Dans l'anneau chitineux qui forme le cadre du stigmate on voit deux lames scarieuses, *lamelles vibrantes*, qui peuvent être plus ou moins tendues par les deux muscles supérieurs et jouent un rôle important dans le *bourdonnement*, en même temps qu'elles obturent l'entrée de la trachée que l'on aperçoit entre les deux lames.

Une grosse trachée part de chaque stigmate et va se joindre à un tronc principal qui règne de chaque côté du corps de l'Insecte, tronc qui émet de nombreuses branches pour chaque segment, et celles-ci se subdivisent à l'infini, pénètrent dans tous les organes, même les plus délicats, comme la trompe de la Mouche et du Papillon, les antennes, etc., etc. Ces ramifications trachéennes qui, nous l'avons dit, se renflent souvent en sacs aériens plus ou moins volumineux, vont se terminer dans le tissu conjonctif interstitiel.

Mais chez certains Insectes qui vivent dans l'eau, comme les Nèpes, les Corizes, les Ranatres, les Notonectes, etc., l'air pénètre dans les trachées à l'aide de deux appendices plus ou moins longs, creusés en gouttière et réunis pour former un tube situé à la partie postérieure du corps et dont l'Insecte tient l'extrémité hors de l'eau quand il veut renouveler sa provision d'air. Ce tube est directement en communication avec les deux troncs trachéens principaux qui règnent sur les côtés du corps et dont nous avons parlé. Les stigmates, quand ils existent, sont imperforés. Chez les larves des *Stratiomys*, le tube respiratoire est unique et peut prendre un accroissement considérable suivant que le niveau de l'eau s'élève au-dessus du corps de l'Insecte.

Mais il est des larves et même des Insectes parfaits chez qui la

respiration se fait comme chez les Poissons, c'est-à-dire par des branchies, et non plus à l'aide de l'air libre, mais par l'air qui est dissous dans l'eau. Ces branchies peuvent, comme chez les larves des *Culex*, avoir l'aspect de touffes de poils situées à la place où seront les stigmates de l'Insecte parfait. Dans chacun de ces poils recouverts d'une membrane excessivement mince pénètre une ramification de trachée. Chez d'autres, comme les larves des Gyrins, on ne remarque que des poils isolés au lieu de touffes de filaments; chez les larves d'Éphémères, les poils sont remplacés par des lamelles plumeuses; mais poils ou lamelles servent en même temps à l'Insecte pour nager, et le mouvement qu'il leur imprime ainsi a pour effet de renouveler l'eau autour des branchies.

Chez d'autres larves, enfin, les branchies sont situées à l'anus, ou même dans le rectum, et plus ou moins haut dans le canal digestif dont la surface interne devient, sur une étendue plus ou moins considérable de son parcours, le siége d'une véritable respiration intestinale. Les larves et les nymphes des Libellulides sont les plus curieuses à étudier sous ce rapport. Ces larves absorbent l'eau par l'anus et après qu'elle a cédé son oxygène au sang, elles l'expulsent par une contraction des parois de l'intestin. Cette contraction peut être assez violente pour imprimer à l'Insecte un mouvement de propulsion énergique, grâce au liquide chassé par l'anus, et ces lourdes nymphes, qui ne nagent pas, peuvent, par ce mécanisme, exercer de rapides déplacements.

Appareil de l'innervation. — Le système nerveux des Insectes a été longtemps peu connu; depuis quelque temps seulement, des travaux importants ont été entrepris sur ce sujet, mais les résultats obtenus sont encore trop spéciaux pour que nous puissions nous en occuper ici. Nous pouvons dire, toutefois, que chez ces animaux, l'axe cérébro-spinal est représenté par un double cordon nerveux, renflé de distance en distance, pour constituer des ganglions, ordinairement aussi nombreux, chez les larves, que les segments du corps. Chacun de ces segments est donc doué d'un centre nerveux particulier qui émet des filets dans les organes contenus dans ce segment. Mais, chez les Insectes à l'état parfait, le système nerveux marque une tendance à se centraliser, et les derniers ganglions

remontent et se soudent avec les premiers pour envoyer de là des nerfs aux segments postérieurs de l'abdomen.

Le cordon nerveux est situé dans la partie ventrale du corps. Cependant la plus grosse paire de ganglions, placée dans la tête, constituant les ganglions cérébraux ou le cerveau, est située au-dessus de l'œsophage. La seconde paire, un peu en arrière, est placée, au contraire, au-dessous de l'œsophage; ces ganglions paraissent correspondre à la moelle allongée des Vertébrés, et le double cordon connectif qui les réunit au cerveau forme les pédoncules du cerveau. Dans le thorax, on trouve trois paires de ganglions correspondant aux trois segments soudés qui composent cette partie. Leur volume relatif est en rapport avec celui des muscles situés dans ce segment. Dans l'abdomen, on en compte de 2 à 8, des nerfs des ganglions thoraciques venant souvent animes ces segments. En même temps que le nombre des ganglions diminue, chacune des paires tend à se réunir en une masse unique.

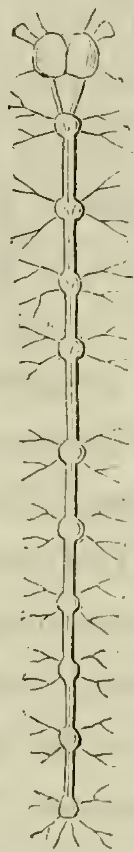


Fig. 265. — Système nerveux central d'une larve de Lépidoptère.

Chacun des deux cordons est formé d'éléments nerveux différents, placés l'un au-dessus de l'autre. Le cordon inférieur, le plus voisin de la surface du corps, cordon externe par conséquent, porte les ganglions, tandis que le cordon supérieur ou interne est uniforme. Ainsi que la moelle des Vertébrés, ce système nerveux paraît donc composé d'une partie motrice, et, chez l'Insecte, ce serait le cordon supérieur, non ganglionnaire, et d'une partie sensible qui serait le cordon inférieur. Les nerfs présenteraient le même caractère. Ce système serait donc encore inverse à celui des Vertébrés, chez lesquels la partie nerveuse motrice est la plus externe.

Enfin, on a constaté l'existence d'un système nerveux récurrent, correspondant au système ganglionnaire ou sympathique des Vertébrés, formé de petits ganglions émanant des ganglions cérébraux et qui envoient des filets nerveux aux organes de la digestion, de la respiration et de la circulation (E. Blanchard).

Préparation. — Tous les organes internes des Insectes exigent,

pour être soumis à l'examen microscopique, une dissection délicate qui doit se faire la plupart du temps sous l'eau, à l'aide de la loupe ou du microscope simple. Nous ne pouvons, bien entendu, donner à cet égard des règles fixes, car le micrographe sera guidé surtout par la connaissance qu'il devra avoir de l'anatomie des Insectes, connaissance qu'il aura acquise dans les traités spéciaux d'entomologie. Nous avons indiqué seulement, dans le précédent chapitre, les Insectes sur lesquels les observations sont ordinairement le plus faciles. Nous ajouterons que l'aiguille ordinaire, droite ou courbe, l'aiguille à cataracte, les fins ciseaux à manche sont les instruments les plus commodes pour ces dissections. La très-grande abondance du tissu adipeux et des trachées constituent toujours une difficulté non-seulement pour les préparations, mais encore pour les observations, car tous les organes sont, pour ainsi dire, noyés dans ces deux éléments dont il faut autant que possible se débarrasser, lorsqu'ils ne sont pas l'objet principal de l'étude. Aussi, en disséquant sous l'eau, on en éloignera le plus possible les lambeaux, de manière à mettre à nu le système ou l'organe qu'on veut étudier et, celui-ci étant à peu près isolé, on pourra le nettoyer sur le porte-objet avec un pinceau, ou bien se servir de l'essence de térébenthine ou de l'acide acétique pour dissoudre la matière grasse. Les trachées se trouveront séparées et il est, en général, beaucoup plus facile de les enlever dans ce cas, lorsque leur grande abondance gène les observations.

Beaucoup de préparations gagneront à être examinées au microscope binoculaire, surtout celles qui ont rapport à un appareil complet, comme la trompe des Papillons par exemple. Quant à celles qui ont pour but d'étudier les éléments histologiques d'un tissu ou d'un organe, éléments dans lesquels on retrouve toujours les analogues de ceux qu'on a reconnus chez l'homme et les Vertébrés, elles se feront comme nous l'avons indiqué en traitant de l'histologie humaine. Les mêmes réactifs seront employés et les mêmes procédés mis en usage.

Pour toutes ces recherches, les objectifs doués d'une certaine puissance de pénétration seront les plus utiles, les n°s 2, 3, 5 de Nachet, 4, 5, 7 d'Hartnack et Prazmowski, 1/5, 4/10 de pouce de

Beck, les objectifs marqués BB, CC, DD, E de Zeiss, qui sont spécialement construits, comme ceux de Nachet, pour les recherches histologiques, et enfin les objectifs à petit angle d'ouverture 1/5, 1/6 et même 1/8 de pouce de J. Swift. Pour les très-forts grossissements nécessaires à l'étude des terminaisons des filets nerveux, des trachées, de la structure des membranes, des épithéliums, etc., l'objectif n° 7, à immersion, de Nachet, sera le plus utile, puis le n° 8, et enfin le n° 10 de Hartnack et Prazmowski, 1/10 à imm. de Beck, n°s 2 et 3 (imm.) de Zeiss et 1/12 (imm.) de Swift.

Comme liquide ambiant pour les préparations extemporanées, l'eau salée et la glycérine nous ont toujours paru les plus commodes, aussi bien que comme liquides conservateurs pour les préparations de collection. Il est bien entendu que si l'organe à préparer a été traité par la térébenthine ou par d'autres dissolvants insolubles dans l'eau ou la glycérine, il devra être soumis préalablement à des lavages à l'alcool qui permettent l'emploi subséquent de la glycérine. Les liquides de Pacini, de Goadby et autres peuvent aussi être employés de la même façon. Enfin, beaucoup de préparations d'organes secs pourront être très-avantageusement montées dans le baume de Canada, avec les soins ordinaires et par les procédés connus.

CHAPITRE XI.

III. — LES INSECTES (*suite*).

Fonctions de relation.

Appareil de la locomotion. — Les Insectes, on le sait, se meuvent à l'aide de deux sortes d'organes, les pattes et les ailes, lesquels, suivant les conditions dans lesquelles vit chaque espèce, éprouvent dans leur forme et dans leur structure des modifications plus ou moins profondes.

Les Insectes ont trois paires de pattes dont chacune est supportée par l'un des trois segments soudés qui composent le thorax.

On peut dire, d'une manière générale, que chaque patte se compose de quatre parties articulées les unes au bout des autres : la hanche composée de deux petites pièces, le *trochanter* et le *trochantin*, qui articulent la patte au thorax, la cuisse ou *fémur*, pièce en générale plus forte que les autres, la jambe ou *tibia*, et le *tarse* qui, suivant les classes, se compose de trois, quatre ou cinq articles. Le dernier de ces articles est ordinairement muni d'une griffe simple ou double.

Les pattes des différentes paires et les pièces d'une même patte ont des dimensions respectives très-variables. Le plus souvent, les pattes postérieures sont les plus longues, surtout chez les Insectes sauteurs comme les Sauterelles, les Puces, et les pattes antérieures sont les plus courtes. Cependant, chez les Mantes et quelques autres espèces, les pattes antérieures prennent un développement considérable ; chez les Insectes nageurs, les Dytisques, les Hydrophiles, les articles des deux dernières paires de pattes s'aplatissent en rames et sont bordés d'une frange de poils roides qui en augmentent la surface.

Chez beaucoup d'Insectes, d'ailleurs, les pattes sont munies de poils plus ou moins nombreux. Tout le monde connaît la remarquable disposition de la patte postérieure de l'Abeille chez laquelle le premier article du tarse, très-grand et aplati en palette, est garni à sa face interne d'une brosse de poils en rangées parallèles, brosse avec laquelle l'Abeille récolte les grains de pollen qu'elle entasse ensuite, avec ses autres pattes, dans les cavités ou *cueillerons* dont sont creusés les tibias des pattes postérieures. D'autres Insectes, comme les Guêpes, les Dytisques, portent à l'extrémité de ce tibia un ou deux éperons acérés ; mais les organes les plus curieux sont ceux qu'on trouve au dernier article du tarse des Mouches et au premier des pattes antérieures des Dytisques.

Chez la Mouche commune, en effet, et toutes ses congénères, le dernier article du tarse, au-dessus du double crochet dont il est muni, porte deux expansions membraneuses bordées d'un grand nombre de poils et terminées par une dilatation en pavillon de trompette. Les poils sont des tubes creux par lesquels s'écoule un liquide visqueux qui sert à l'Insecte pour se fixer et marcher à la

renverse sur les surfaces polies. On a pensé que la double expansion membraneuse est une ventouse dans laquelle la Mouche fait le vide. Cependant, les Mouches mortes restent adhérentes aux vitres des fenêtres, et il est facile de constater qu'un peu de liquide s'est desséché sous leurs *pieds*. D'autre part, les Mouches peuvent encore monter et adhérer sur les parois internes d'un vase de verre dans lequel on a fait le vide assez pour diminuer considérablement la pression atmosphérique, mais pas assez pour les tuer trop rapidement (fig. 266).



Fig. 266. — Extrémité de la patte antérieure de la Mouche (*Musca vomitoria*).

Les Dytisques mâles, et particulièrement le *Dytiscus marginalis*, ont, au contraire, le premier article des tarses antérieurs très-dilaté, en forme de disque, et muni, à sa face inférieure, d'une grande ventouse et d'une autre plus petite, toutes deux bordées de longs poils rayonnants. Tout le reste de la surface est couvert d'autres petits organes semblables à ceux de la Mouche, ventouses portées sur un pédoncule ou tubes sécrétant un liquide visqueux. Ce remarquable organe, qu'il faut préparer à sec et sans compression, est l'un des plus curieux objets à examiner sur champ noir au microscope binoculaire.

Chez d'autres Insectes, par exemple, chez les Nèpes, les Ranatres, etc., les pattes antérieures, dirigées tout à fait en avant, deviennent de véritables organes de préhension entre lesquels ces animaux saisissent et maintiennent leur proie vivante pendant qu'ils lui plongent dans le corps leur redoutable suçoir.

Nous ne poursuivrons pas plus loin cette énumération qui serait

sans fin. En examinant les pattes et particulièrement les tarses des Insectes, on trouvera, pour ainsi dire, dans chaque espèce une disposition spéciale ménagée en vue des circonstances dans lesquelles elle vit.

Les ailes sont, chez presque tous les Insectes, au nombre de quatre ; toutefois les Diptères n'en ont que deux et les Aptères en sont complétement dépourvus. De plus, certaines espèces appartenant à des genres ailés, sont aptères, telle est la Punaise des lits, la femelle du Ver luisant ; enfin d'autres espèces, comme les Pucerons, les Fourmis, comprennent des individus ailés et des individus sans ailes.

Des quatre ailes des Coléoptères, les deux premières, appelées *élytres*, sont épaissies et servent à protéger la seconde paire, seule membraneuse et qui est repliée de différentes manières sous les élytres. Chez les Hémiptères, la première paire est à moitié épaissie, à moitié membraneuse. Chez les Névroptères et les Hyménoptères, les quatre ailes sont membraneuses et très-diversement veinées. La seconde paire, chez les Diptères, est remplacée par de petits organes écailleux qu'on appelle *balanciers* ou *haltères*, rudiments des ailes atrophiées, et qui ont encore un rôle dans le vol. Tout le monde connaît la nature des ailes des Lépidoptères, mais plusieurs d'entre eux, certaines Teignes par exemple (*Pterophorus*), ont les ailes profondément laciniées en un plus ou moins grand nombre de pennes longues et minces semblables à des plumes, et qui, rapprochées, ne constituent que deux ailes.

Nous n'avons rien à ajouter à ce que nous avons dit, à propos du tégument, sur les élytres des Coléoptères, les ailes membraneuses de ces Insectes, comme celles des autres classes de ce groupe, doivent seules nous occuper. Elles sont formées de deux membranes minces et chitinisées, l'une supérieure, l'autre inférieure, entre lesquelles circulent des canaux ; dans ceux-ci, on remarque des trachées, et, pendant le jeune âge, une circulation sanguine, particulièrement dans la partie de l'aile qui avoisine son insertion sur le corselet. Plus tard, l'organe paraît être absolument sec, et, sauf les trachées, on n'y distingue aucun vaisseau. Ce sont ces canaux parcourus par les trachées qui déterminent sur les ailes des Névro-

ptères, particulièrement, ces nervures anastomosées en élégants réseaux que tout le monde a vues sur les Libellules. Chez les Hyménoptères, comme la Guêpe, l'Abeille, ces nervures sont moins compliquées et déterminent un nombre assez restreint de mailles ou *cellules*, auxquelles les entomologistes ont donné des noms, et dans la forme et le nombre desquelles ils ont trouvé des caractères génériques et spécifiques. Dans les mailles de ces réseaux, chez ces Insectes comme chez les Diptères ou Mouches à deux ailes, les membranes de l'aile, vues au microscope, présentent des aréoles et de fines réticulations au centre desquelles sont implantés des poils courts et pointus semblables à des clous. Les deux ailes d'un même côté chez les Hyménoptères (de là vient le nom de ces Mouches) peuvent s'unir l'une à l'autre de manière à former, pendant le vol, une seule aile d'une plus grande surface. Pour cela, chez les Bourdons, les Guêpes, les Abeilles, etc., le bord postérieur de la première aile est munie, sur une certaine étendue, d'une série de crochets contournés en crosse, qui s'engagent dans le bord antérieur de la seconde aile enroulé en ourlet dans le sens opposé. Le nombre des crochets varie d'une douzaine à une vingtaine, selon les espèces (fig. 267).

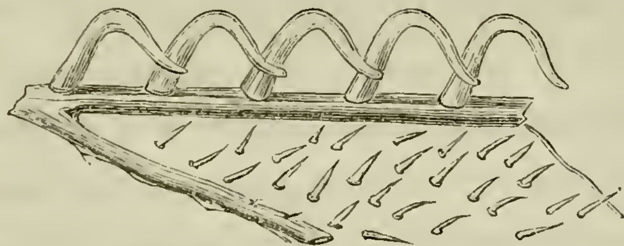


Fig. 267. — Crochets de l'aile postérieure de l'Abeille.

Les Papillons, dont les ailes portent les poils écailleux, les plumules et les écailles imbriquées que nous avons décrits, peuvent aussi joindre les deux ailes du même côté à l'aide des poils roides qui en garnissent les bords. D'autres ont, d'ailleurs, les ailes naturellement solidarisées par une sorte de filament ou de *frein*. L'étude de tous ces organes, facile et curieuse, devra être faite aussi sous le microscope binoculaire.

Les membres, pattes ou ailes, sont mis en mouvement par un système musculaire très-complet, formé par des fibres striées,

réunies en minces faisceaux et dont l'étude est très-instructive, car c'est sur les muscles des Insectes que l'on reconnaît le mieux la structure de la fibrille musculaire. Ces muscles s'insèrent sur des prolongements internes du tégument ou des expansions fibreuses remplissant le rôle de tendons. Il y a, du reste, chez la plupart des Insectes, comme chez beaucoup de Vertébrés, deux sortes de muscles, les uns à contraction brusque, les autres à contraction lente. Tels sont ceux que l'on trouve dans le corselet et qui meuvent les ailes, dont les fibres, souvent de couleur jaunâtre, paraissent isolées ou renfermées dans un sarcolemme diffluent, et ceux qui meuvent les pattes, composés de fibres blanches réunies en faisceaux. On peut les étudier sur presque tous les Insectes, mais l'observation en est surtout facile sur l'Hydrophile.

Organes des sens. — Sauf les yeux, qui sont bien distincts chez tous les Insectes, les organes des sens sont peu connus. Les yeux sont de deux sortes : les uns, appelés *ocelles* ou *yeux simples*, ressemblent beaucoup à ceux des Vertébrés ; les autres, beaucoup plus volumineux, dont la surface paraît réticulée, et est, en réalité, composée d'un nombre immense de facettes, sont dits *yeux composés*. Ils sont formés par la juxtaposition d'un grand nombre d'yeux simples, constitués à peu près sur le même type que les ocelles.

Chacune des facettes hexagonales qui forment la surface extérieure de l'œil composé est la cornée d'un œil élémentaire, laquelle cornée représente une petite lentille biconvexe ou plan-convexe, composée elle-même souvent de deux lentilles plan-convexes situées l'une devant l'autre. Une sorte de gaîne pigmentée, en forme de pyramide hexagonale, sépare les yeux composants les uns des autres, et cette gaîne se rétrécit derrière la cornée de manière à constituer un iris au centre duquel est une ouverture circulaire ou pupille. Derrière cette pupille, on trouve un corps vitré, et la pyramide se termine sur un épanouissement ganglionnaire du nerf optique, épanouissement qui constitue une rétine. De ce ganglion rétinien s'élève dans chaque pyramide oculaire, un long *bâtonnet* nerveux qui pénètre jusque dans le voisinage du corps vitré. On trouve même, par exemple chez beaucoup de Carabes, un corps

réfringent, un cristallin, placé derrière la cornée. Cet appareil est, comme on le voit, très-complet. Les deux couches de la cornée n'ont pas le même pouvoir réfringent, et chacune de ces petites cornées agit comme une lentille dont le foyer est situé à l'extrémité de la pyramide, sur la rétine. Si l'on sépare, par la macération, la couche cornéenne de l'œil d'une Mouche ou d'une Abeille, qu'on l'étale sur une lame de verre et qu'on la laisse sécher, on pourra reconnaître sous le microscope les propriétés optiques de chacune des petites lentilles qui la composent. Si, par exemple, on interpose la pointe d'une aiguille entre le miroir et la platine, en ajustant convenablement le foyer de l'objectif, on verra cette pointe produire son image dans chacune des petites lentilles. Comme tous ces yeux élémentaires sont séparés les uns des autres par une couche de pigment, que d'ailleurs l'œil n'est point mobile, chacune des cornées transmettra des rayons lumineux émanés dans des directions différentes, et, par exemple, provenant des différents points d'un objet. Le nerf optique recevra donc à la fois la perception de ces différents points et par conséquent *verra* l'objet dans son entier.

Les facettes cornéennes des yeux composés des Insectes peuvent être, avons-nous dit, très-nombreuses. On évalue à 4,000 les facettes de l'œil de la Mouche commune, à 17,000 celles de l'œil de la Piéride du chou et à 24,000 celles de la Libellule.

Les ocelles sont constitués à peu près sur le même modèle, sauf qu'ils sont simples. La cornée paraît avoir une courbure extérieure plus prononcée, et on trouve, le plus souvent, un cristallin en avant du corps vitré.

Certains Insectes, comme les Hyménoptères, les Abeilles, les Guêpes, les Mélipones, etc., portent, outre les yeux à facettes, des yeux simples placés sur la tête, au nombre de deux ou trois, rangés de différentes manières, suivant les genres. On pense, en raison de la plus grande courbure de leur surface, que ces yeux sont particulièrement destinés à la vision à courte distance.

Les antennes sont des organes très-flexibles composés d'un nombre variable d'articles placés bout à bout, et situés à la partie antérieure de la tête. Les antennes, douées d'une grande

sensibilité, sont évidemment des organes à l'aide desquels les Insectes se mettent en relation avec le monde extérieur. Tous les apiculteurs ont constaté de la manière la plus certaine que les Abeilles communiquent entre elles par le jeu des antennes et se reconnaissent les unes les autres en se touchant avec ces délicats appendices. Il en est de même des Fourmis. L'Abeille qu'on a privée de ses antennes est hors d'état de communiquer avec ses sœurs ; mais est-ce par l'ouïe, l'odorat ou le tact? c'est ce qu'on ne sait aucunement. Il est non moins certain, d'ailleurs, que les Insectes sont souvent doués d'un odorat des plus fins ; l'Abeille entre autres sent de très-loin l'odeur du miel, la Mouche à viande, les Nécrophores, les Bousiers sentent des plus grandes distances l'odeur des viandes altérées, des cadavres, des fumiers, etc.

Quoi qu'il en soit, l'antenne revêt des formes très-différentes. Elle a l'aspect d'une massue, d'un long filament, d'un bâtonnet, d'une scie, d'une plume, d'une sorte d'éventail, suivant la disposition et la forme des articles qui la composent. Mais examinés avec un grossissement suffisant, ces articles, souvent marqués de réticulation, d'anfractuosités, garnis de poils, présentent parfois un grand nombre de ponctuations, qui sont autant de petites ouvertures du tégument recouvertes d'une fine membrane formant comme un tympan. Sur cette membrane vient se terminer un filet émané du nerf qui parcourt l'antenne, concurremment avec une trachée. Ces organes tympaniformes prennent souvent l'aspect de papilles saillantes soit arrondies, soit allongées en tube et qui ne recouvrent qu'une des faces de l'antenne, particulièrement l'une des faces des lamelles chez les Lamellicornes (Hanneton) ou des barbes des antennes pectinées chez les Papillons nocturnes (Bombyx).

Cette disposition a fait supposer que les antennes représentent les organes de l'ouïe. Dans tous les cas elles seraient sensibles à des sons imperceptibles à notre oreille et ne percevraient pas ceux qui ébranlent notre tympan, car les coups de fusil, les charivaris de casseroles dont on accompagne, dans certains pays, la sortie des essaims d'Abeilles, ne les affectent en aucune manière.

Peut-être, en effet, l'antenne est-elle un appareil mixte de rela-

tion, organe d'un sens complexe participant confusément de l'ouïe, de l'odorat et particulièrement du tact, car il est certain qu'elle est, chez tous les Insectes, très-sensible au toucher, et que c'est en se touchant que les Abeilles, les Mélipones, les Fourmis se reconnaissent. L'antenne est, d'ailleurs, toujours munie d'un plus ou moins grand nombre de *poils tactiles* dont la base est en rapport avec un petit ganglion auquel aboutit un filet nerveux. On retrouve ces poils tactiles sur la trompe des Mouches et sur les palpes de tous les Insectes.

Les palpes sont, comme les antennes, formés d'articles plus ou moins nombreux, certainement très-sensibles au toucher et capables, peut-être, de percevoir des sensations gustatives.

Nous ne pouvons omettre de signaler les travaux de Leydig et de Siebold sur l'organe de l'ouïe, chez les Sauterelles, les Grillons, etc., organe qui est placé à la partie postérieure du thorax, au-dessus de l'origine de chacune des pattes postérieures, ou sur le fémur de ces mêmes pattes, suivant les genres.

Appareil de la reproduction. — Les organes de la génération sont mâles et femelles et situés sur des individus différents.

L'organe mâle se compose de tubes plus ou moins nombreux représentant des testicules qui se réunissent en un tube plus long ou conduit déférent. Celui-ci se pelotonne souvent en un épididyme, puis se dilate diversement en vésicule séminale. Au sortir de cette vésicule, le canal déférent se réunit à celui de l'autre côté pour constituer le canal éjaculateur qui se prolonge en pénis. Cet organe est un tube membraneux recouvert d'un tube plus résistant qui le protége et accompagné de deux paires de pinces écailleuses qui servent à maintenir les parties sexuelles de la femelle (fig. 268).

Ces dernières pièces, qui constituent les organes externes, sont très-différentes de formes et de proportions et toujours en rapport avec les organes de la femelle pour rendre impossibles les rapprochements entre espèces différentes.

Les organes femelles se composent, dans leur état de plus grand développement, d'une série de tubes constituant les ovaires qui se réunissent pour former l'oviducte, lequel se joint à celui de l'autre côté, d'où résulte le gros oviducte ou oviducte commun.

Celui-ci aboutit le plus souvent dans le vagin, mais chez les Lépidoptères, il a un orifice distinct (fig. 269).

Sur le parcours de l'oviducte on trouve une série d'organes dont plusieurs peuvent manquer ou bien être notablement réduits. C'est

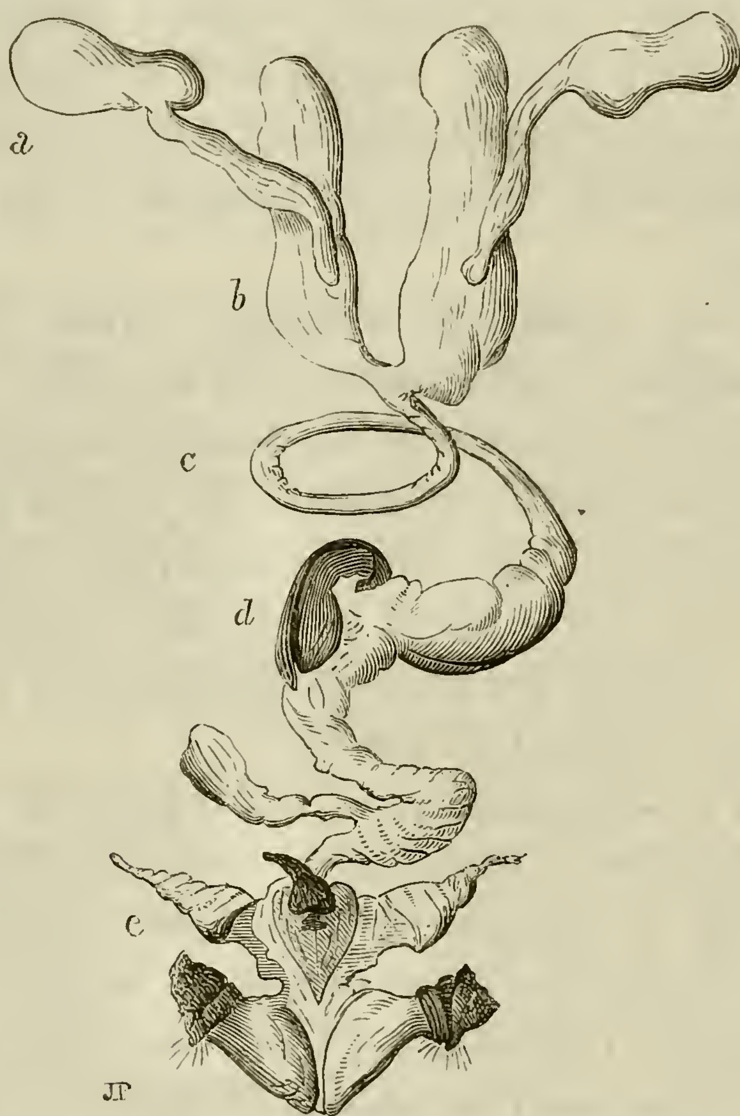


Fig. 268. — Organes génitaux mâles de l'Abeille.

a, testicules ; *b*, vésicules séminales ; *c*, canal éjaculateur ; *d*, spermatophore ; *e*, pénis avec deux pièces écailleuses, latérales. (Obj. 4/10 p. 100° Beck.)

d'abord une dilatation ou *poche copulatrice* destinée à recevoir le pénis du mâle, puis une autre vésicule, *réservoir séminal*, *spermothèque* ou *vésicule de Malpighi*, dans laquelle s'emmagasine la liqueur fécondante et qu'on trouve, après la copulation, pleine de spermatozoïdes. C'est au passage de l'œuf devant l'ouverture de cette vésicule, dans l'oviducte, qu'a lieu l'imprégnation ou fécondation (fig. 269).

D'autres organes accessoires peuvent encore être remarqués dans certaines espèces, par exemple de petites glandes, munies d'un canal excréteur, qui sécrètent un liquide visqueux destiné à

lubrifier les œufs et à les faire adhérer aux surfaces sur lesquelles ils sont déposés (Lépidoptères).

Quant au vagin, il se termine par une ouverture ou vulve qui a souvent la forme d'une fente et quelquefois se trouve placée à l'extrémité d'un tube membraneux composé de plusieurs pièces rentrant les unes dans les autres comme les tubes d'une lunette.

Enfin, au nombre des organes externes, on trouve des valves de différentes formes qui, parfois, se prolongent en deux lamelles appliquées l'une contre l'autre pour constituer une tarière, souvent barbelée à son extrémité, avec laquelle l'Insecte perce la terre, l'écorce des arbres ou la peau des chenilles pour y introduire ses œufs. D'autres fois encore, ces pièces sont au nombre de quatre dont deux plus longues, dures et acérées, barbelées, formant un aiguillon recouvert, à sa base, par les deux autres pièces, plus petites, constituant une gaîne écailleuse. Un système de muscles puissants rend cet appareil protractile, en même temps que se trouve comprimée une vésicule qui contient le venin sécrété par une petite glande en tube. Ce venin parcourt le canal formé par les deux pièces de l'aiguillon creusées en gouttière à leur face interne. Tels sont les aiguillons de l'Abeille, de la Guêpe, etc., que tout le monde connaît.

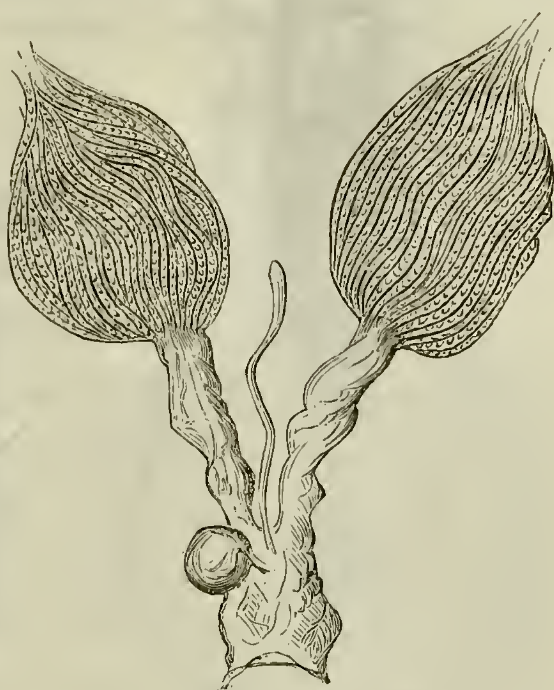


Fig. 269. — Appareil de la génération chez l'Abeille femelle.

Deux masses de tubes contenant des œufs et constituant les ovaires, puis les deux oviductes qui se réunissent en un canal commun sur lequel sont placées la spermothèque, sphérique, et une petite glande munie d'un long canal excréteur.

Mais, chez les Insectes, la fécondation n'est pas toujours nécessaire à la reproduction. Bonnet, de Genève, avait déjà constaté que les Pucerons aptères du printemps reproduisent sans fécondation un nombre immense d'autres Pucerons. Vers le mois de juillet, ces Pucerons se développent plus complètement, deviennent ailés et la reproduction se fait alors après copulation. Il en est de même du

Phylloxera vastatrix qui ravage nos vignes ; chez lui, la reproduction se fait sur place avec une effroyable rapidité par des femelles aptères, tandis que, plus tard, se développent des individus ailés qui s'accouplent et vont, transportés par les vents, pondre au loin des œufs qui donneront naissance à de nouvelles générations de Phylloxéras aptères (fig. 270, 271, 272) (1).

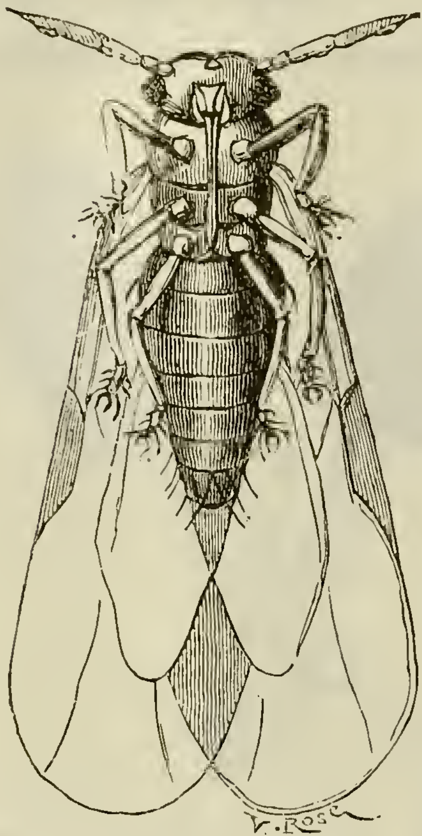


Fig. 270. — *Phylloxera vastatrix* ailé, vu par la face ventrale.

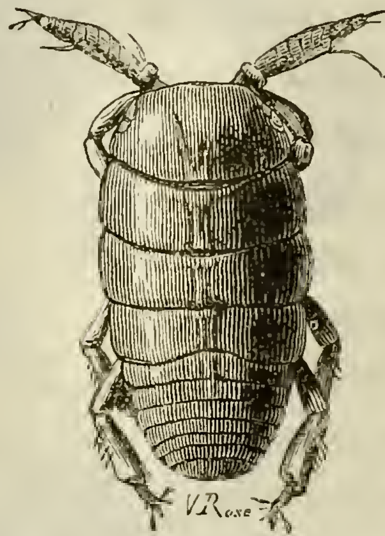


Fig. 271. — *Phylloxera vastatrix* aptère, femelle.

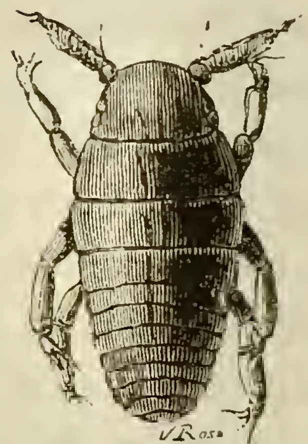


Fig. 272. — *Phylloxera vastatrix* aptère, mâle.

Chez beaucoup d'autres Insectes mieux organisés que les Pucerons, chez certains Lépidoptères, chez les Hyménoptères, et particulièrement chez l'Abeille, la reproduction peut aussi se faire sans fécondation, mais ce mode de reproduction, qu'on a appelé *Parthénogénèse*, présente cette remarquable particularité que les individus nés ainsi d'œufs non fécondés par le mâle sont tous mâles. Il semble que la nature ait voulu donner à la femelle, par ce procédé, le mâle qui lui a manqué. Ce fait a été parfaitement établi chez l'Abeille,

(1) L'examen du Phylloxera et sa recherche sur les racines de la vigne sont très-faciles. Sur des racines fraîches, on écarte les lamelles d'écorce, on scrute les crevasses, et l'on y distingue avec la loupe, et mieux encore avec la loupe de Brücke, les Phylloxéras de tout âge, souvent entourés d'une large zone d'œufs, fixés sur le bois dans lequel ils ont implanté leur long suçoir qui, à l'état de repos, est appliqué contre le sternum de l'Insecte.

par M. de Berlepsch ; c'est ainsi que les Abeilles *ouvrières*, qui sont des femelles chez qui les organes sexuels sont en grande partie atrophiés, peuvent, dans une ruche qui ne possède plus de femelle, mère ou reine, pondre des œufs qui, tous, fournissent des mâles. Il n'y a eu, dans ce cas non plus, aucune fécondation, car les organes externes sont trop atrophiés pour permettre tout rapprochement sexuel.

Les œufs des Insectes ont des formes très-variables et présentent sur leur coque des canaux poreux, des réticulations et des dessins très-élégants qui en rendent l'étude curieuse, particulièrement avec le microscope binoculaire.

Préparation. — Les organes de la locomotion, ailes et pattes, tarses, etc., sont excessivement faciles à préparer ; il en est de même des antennes, des palpes, que l'on monte ordinairement dans le baume du Canada après les avoir lavés dans la térébenthine. Il sera souvent indispensable, pour leur donner la disposition et l'attitude la plus favorable à l'étude, de les ramollir dans la vapeur d'eau afin de pouvoir les plier ou les redresser sans les rompre. Les yeux seront étudiés sur des coupes minces pratiquées suivant un plan antéro-postérieur, afin de montrer toutes leurs parties, après durcissement dans l'acide osmique à 1/100. Des coupes longitudinales à travers les antennes feront aussi distinguer plus aisément les petits organes tympaniformes dont elles sont munies.

Si l'examen des membres et des organes des sens, dans leur entier, n'exige que de faibles grossissements, il n'en est plus de même quand on veut étudier la composition des éléments de l'œil, suivre les filets nerveux dans les antennes, etc. Il faudra, dans ces cas, avoir recours aux objectifs les plus puissants et, suivant l'organe qu'on étudie, suivant la nature de la préparation, employer soit les objectifs *profonds* de Nachet, Zeiss, Swift, soit les systèmes à court foyer et à parfaite définition de Hartnack et Prazmowski, Beck, Powell et Lealand, et alors les objectifs à immersion seront toujours les plus commodes, tels que les n°s 10, 12 et même 13 des constructeurs français, les 1/8, 1/10, 1/16, 1/20 de pouce des opticiens anglais et aussi le n° 3 (1/25) de Zeiss qui a, comme le n° 9 de Nachet, une distance frontale remarquable pour un tel grossissement (environ 15 à 1800 diamètres réels, oculaire n° 3).

Les organes de la génération exigent surtout une dissection attentive sous le microscope simple, après qu'on s'est débarrassé le plus possible de la masse de graisse qui remplit ordinairement l'abdomen.

Il est inutile de rappeler que pour toutes ces recherches histologiques il faudra employer les procédés de coloration, d'imprégnation et déterminer les réactions caractéristiques des différents tissus que nous avons exposés antérieurement.

CHAPITRE XII

Les Arachnides et les Myriapodes.

Nous avons peu de choses à dire des Myriapodes, dont le corps est composé d'un grand nombre de segments semblables munis chacun d'une paire ou de deux paires de pattes (dans ce dernier cas le segment est formé par la soudure de deux anneaux). La structure générale de ces Articulés ressemble beaucoup à celle des Insectes et la particularité la plus intéressante de leur histoire, au point de vue de l'anatomie microscopique, est la non-réunion, chez le mâle des *Iules*, des deux canaux déférents en un conduit éjaculateur unique. Les canaux déférents de chaque côté viennent déboucher l'un près de l'autre à l'extérieur et forment deux pénis.

Les Myriapodes sont tous aptères.

Si le nombre des segments est augmenté chez les Myriapodes, il est, au contraire, réduit chez les Arachnides. Chez ces Articulés, la tête n'est plus distincte, mais elle est réunie au thorax, comme cela a lieu aussi chez les Crustacés Décapodes, l'Écrevisse par exemple ; le segment ainsi formé est désigné sous le nom de *céphalothorax*.

La bouche n'a pas de lèvre supérieure, mais deux mandibules formées d'un ou de plusieurs articles et qui se meuvent non plus dans un plan horizontal, mais verticalement comme les mâchoires des Vertébrés ; ces mandibules, pointues chez les Araignées, sont percées d'un canal par lequel s'écoule une salive venimeuse destinée à tuer ou à paralyser la proie vivante dont l'animal suce le sang ; au-dessous des mandibules sont deux mâchoires portant cha-

cune un palpe de plusieurs articles. Entre ces deux machoires est la lèvre inférieure qui s'élève au-dessus de son plan naturel pour fermer la bouche, en raison de l'absence de la lèvre supérieure. Enfin, sous la lèvre inférieure, un prolongement du sternum vient former comme un menton qu'on a pris souvent pour une véritable lèvre inférieure.

Les Arachnides n'ont pas d'antennes, ni d'yeux composés, mais des ocelles en nombre variable suivant les espèces et les genres. Ils n'ont pas d'ailes, mais quatre paires de pattes composées comme celles des Insectes et dont la double griffe porte souvent, chez les Araignées, des dentelures en dents de peigne qui servent à ces animaux pour l'aménagement de leur toile. Les segments de l'abdomen sont peu nombreux et le plus souvent peu distincts.

Le système respiratoire n'est pas identique chez tous les Arachnides. Les uns, comme les Faucheurs (*Phalangium*), respirent par des trachées et des stigmates comme les Insectes ; les autres, comme les *Mygales*, sont doués d'organes disposés par paires et composés de lamelles juxtaposées parallèlement et formées elles-mêmes d'un grand nombre de vésicules. Ces organes, qu'on a appelés poumons, s'ouvrent sur un canal aboutissant à l'extérieur par un stigmate. Les Araignées proprement dites portent à la fois des stigmates aboutissant à des poumons et d'autres stigmates correspondant à un arbuscule de trachées.

La distinction entre les Araignées pulmonaires et les Araignées trachéennes est donc sans aucune valeur.

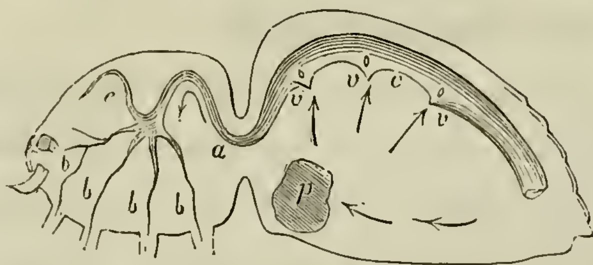


Fig. 273. — Appareil circulatoire d'une Araignée.

c, cœur ou vaisseau dorsal ; *v*, ouvertures veineuses ; *a*, aorte ; *e*, artères céphaliques ; *b*, artères pédieuses ; *p*, poumon.

L'appareil de la circulation se compose d'un vaisseau dorsal semblable à celui des Insectes, mais qui se divise à sa partie antérieure en une double aorte fournissant des artères aux organes de la tête et aux pattes (fig. 273).

Le système nerveux se compose d'un gros ganglion thoracique qui émet latéralement quatre rameaux pour animer les pattes et, en arrière, deux cordons qui fournissent des rameaux et des ramuscules

à l'abdomen. En avant, deux petits ganglions donnent naissance aux nerfs optiques et à ceux de la bouche.

Les Arachnides sont ovipares. Les organes de la reproduction sont situés à la base de l'abdomen. Les jeunes naissent semblables aux parents et ne subissent pas de métamorphoses.

Un organe intéressant à étudier chez les Araignées est la filière, située à l'extrémité postérieure de leur abdomen et destinée à sécréter la matière soyeuse qui constitue leur fil. Cet organe se compose, en général, de six mamelons munis d'appendices filamenteux ou tubulaires terminés en pointe fine, par lesquels sort la matière soyeuse qui se concrète, au contact de l'air, en autant de fils qu'il y a d'appendices. Tous ces fils se réunissent en un seul, aussitôt qu'ils se touchent, et les fils produits par chacune des six filières se réunissent enfin, bien qu'ils restent parfois assez longtemps isolés pour qu'on puisse les observer séparément. Le nombre des appendices sécréteurs peut dépasser mille, mais il n'est pas certain que tous remplissent les mêmes fonctions, car ceux de la circonférence n'ont pas la même forme que ceux du centre et paraissent donner aux fibrilles soyeuses leur propriété agglutinative. M. R. Beck a observé que la matière soyeuse, qui forme d'abord des fibrilles unies, se condense au contact de l'air en globules régulièrement espacés sur la longueur du fil.

Cette matière soyeuse est sécrétée par des glandes très-volumineuses chez les Araignées qui tissent une toile, glandes formées de longs tubes sinueux souvent ramifiés, tandis que chez les Araignées qui ne tissent pas de toile, les organes sécréteurs sont des follicules simples et courts.

A la classe des Arachnides appartiennent, outre les Araignées, les Scorpions et la tribu des **Acariens** qui renferme un grand nombre de parasites, tels que les *Sarcoptes* et les *Dermanyssus*. On sait que c'est un Sarcopte (*S. scabiei*) qui produit la gale chez l'homme en s'introduisant sous la peau où il trace des chemins aboutissant à des cavités dans lesquelles il dépose ses œufs (fig. 274, 275). Ces animaux sont à peine visibles à l'œil nu et surtout le mâle, qui est deux fois plus petit que la femelle. Ce sont des Acariens différents (fig. 276, 277) qui produisent la gale chez les divers animaux,

par exemple chez le chien et le chat (1); cependant on peut communiquer la gale humaine au chien et au chat, et réciproquement, par l'introduction sous la peau des divers Sarcoptes, et M. Gruby

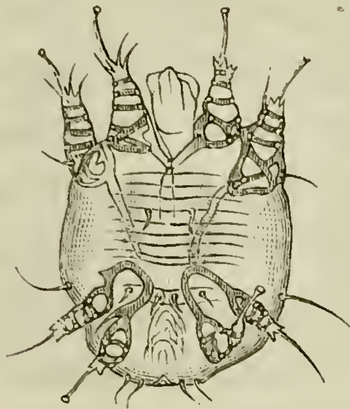


Fig. 274. — Acarus de l'homme (mâle), 100 d.

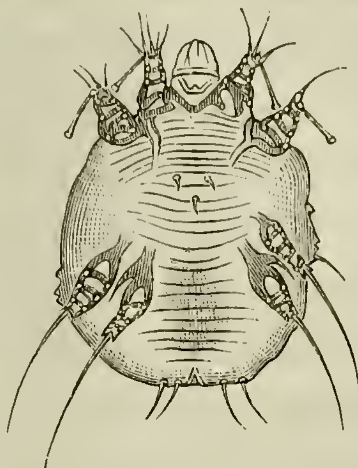


Fig. 275. — Acarus de la gale humaine (*Sarcoptes scabiei*), femelle.

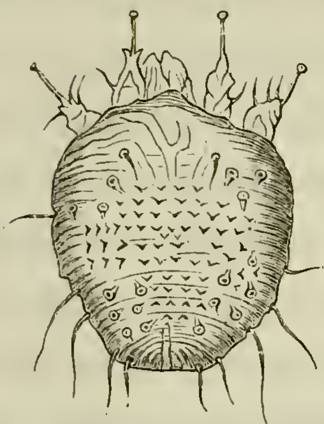


Fig. 276. — Acarus de la gale du chien, gross. 60 d.

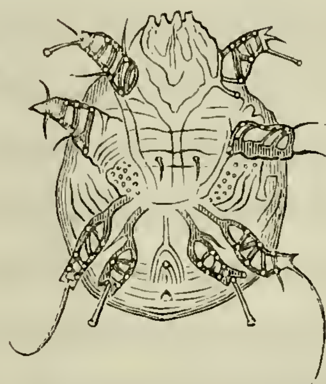


Fig. 277. — Acarus du chat, gross. 130 d.

dit même avoir communiqué une sorte de gale à un chien en lui inoculant un Acarien assez singulier (*Demodex folliculorum*), qui vit dans presque tous les follicules sébacés de l'homme et particulièrement dans ceux des ailes du nez.

Le *Dermanyssus necator*, ou Mite des volailles, est un Acarien de beaucoup plus grande taille qui habite les poulaillers où il tourmente les volailles, et surtout les poules couveuses, pendant la nuit. C'est le fléau des faisanderies. Les Insectes sont aussi la proie de ces parasites. Le *Geotrupus stercorarius*, coléoptère qui hante les fumiers, porte toujours plusieurs Acares sous son thorax, l'Abeille xylocope en porte un seul et l'Abeille commune, particulièrement

(1) Cependant des travaux récents de M. Megnin tendraient à prouver que le Sarcopte spécial à une espèce animale peut s'acclimater sur une autre et y revêtir les caractères du Sarcopte particulier à cette dernière espèce.

l'abeille-mère, est souvent attaquée par un seul Acarien, le *Braula cæca*, que l'on croit retrouver sur certaines plantes, notamment le Soleil annuel (*Helianthus annuus*). En effet, tous les Acares ne sont pas des parasites, bien que beaucoup puissent le devenir, et vivent sur la terre, les herbes, dans la poussière, les farines altérées, les tas de blé, les collections d'Insectes ; et enfin tout le monde connaît la Mite du fromage, qui est visible à l'œil nu et qu'on trouve fréquemment dans la croûte pulvérulente des fromages secs, tels que ceux de Gruyère, de Roquefort, etc., etc. (*Tyroglyphus longior*).

Les Acariens sont ovipares, mais les jeunes qui sortent de l'œuf n'ont que six pattes ; on les considère comme des larves. Après plusieurs mues successives, les larves acquièrent leurs huit pattes, mais ce n'est encore qu'après plusieurs mues qu'elles sont douées d'organes sexuels. La vulve est très-visible sur la face ventrale du troisième segment et les organes mâles sur le quatrième. Les individus sexués n'ont ordinairement plus de mues, ou quelquefois une dernière après laquelle apparaissent les organes génitaux externes et le *sternite*, ligne brunâtre en fer à cheval située au-dessus de la vulve. On peut donc trouver les Acariens sous chacune de ces formes, et, tant qu'ils ne sont pas sexués, il n'y a, pour ainsi dire, aucune différence entre les espèces et même les genres. On rencontre aussi souvent des individus accouplés et l'on peut reconnaître les femelles fécondées à leur taille volumineuse.

Les Acariens paraissent, ou du moins le plus grand nombre, n'avoir pas d'yeux. Les pièces de leur bouche, composée comme celle de tous les Arachnides, se prolongent en *rostre*. Le nombre des articles de leurs pattes varie de 5 à 7, suivant les genres, et les tarses sont munis de crochets ou de ventouses, ou des uns et des autres, souvent aussi de longs poils dont on rencontre plusieurs sur le corps. Dans beaucoup d'espèces on reconnaît des trachées, mais chez les Sarcoptides on n'en a encore découvert aucune. Les uns (*Oribates*) ont un tégument chitinisé, tandis que les autres sont mous (*Sarcoptes*).

La taille des Acariens peut dépasser un millimètre, mais elle peut descendre à $0^{mm},08$.

Préparation. — On prépare les organes des Myriapodes et des

grands Arachnides comme ceux des Insectes et on les étudie par les mêmes procédés. Les dépouilles abandonnées par les Arachnides après leurs mues peuvent fournir des préparations faciles et très-instructives.

Quant aux Acares, on les prépare ordinairement dans leur entier, à cause de leur petite taille; cependant on peut isoler et préparer à part les pièces du rostre qui sont fort intéressantes à étudier sous des grossissements très-puissants et qu'il est souvent difficile de disposer d'une manière convenable quand on prépare l'animal entier. Les dépouilles des mues sont aussi très-curieuses à examiner. Le meilleur procédé paraît consister à employer le baume du Canada, surtout pour les espèces de grande taille, après avoir plongé les Acares dans l'alcool pur ou mélangé de térébenthine. Si on le peut, on les laisse mourir dans ce liquide, entre deux verres un peu écartés pour que les animaux étendent leurs pattes et se lavent des poussières et autres corps étrangers dont ils peuvent être couverts. Si l'on veut les vider, on comprime un peu le verre supérieur dans le sens de la longueur du corps, antéro-postérieur par exemple; le contenu du corps sera alors expulsé par l'anus. Après cette préparation, on monte les Acariens dans le baume du Canada, en ayant toujours soin que les pattes soient bien allongées et qu'on puisse en compter les articles.

On préparera aussi les Acariens sans les vider, soit dans le baume du Canada qui leur donnera la transparence nécessaire, soit dans la glycérine mélangée d'acide acétique avec un peu de sirop de sucre. Il faut veiller à ce qu'une certaine distance soit maintenue entre les deux verres afin que les pattes soient étendues et que le corps ne soit pas écrasé. Comme les deux faces du corps sont importantes à étudier, on préparera des individus sur le dos et d'autres sur le ventre; ou bien, si l'on ne dispose que d'un très-petit nombre d'animaux, on les montera entre deux lamelles minces que l'on collera avec du baume ou du bitume sur un porte-objet percé d'un trou à son milieu, de manière à pouvoir observer les animaux sur les deux faces avec des objectifs assez puissants.

Il faut éviter de tremper les Acariens dans l'eau avant de les monter dans la glycérine acétique parce qu'ils retiennent alors,

et surtout les enveloppes des mues, beaucoup de bulles d'air. Si on les a traités d'emblée par la glycérine ou préalablement par l'alcool, les bulles sont ordinairement très-petites et peu nombreuses et disparaissent avec le temps en se dissolvant dans le liquide acétique.

L'étude des Acariens, relativement à leurs organes et à la détermination des espèces, peut exiger de forts grossissements, tels que celui des objectifs n°s 5 et 7 de Nachet ou de ceux à grande définition, n° 9 ou 10 de Hartnack et Prazmowski, E., F., n°s 2 et 3 à immersion de Zeiss, 1/8, 1/10, 1/16 de Powell et Lealand, de Beck ou de Swift.

CHAPITRE XIII

LES CRUSTACÉS

Les CRUSTACÉS sont des Articulés dont un grand nombre atteignent une taille relativement considérable et dont l'étude ne peut trouver place ici, nous sommes obligés de nous borner à décrire quelques petites espèces appartenant particulièrement aux tribus des **Branchiopodes**, des **Copépodes**, et des **Entomostracés**, après avoir rappelé les caractères principaux de cette classe.

Les CRUSTACÉS sont revêtus d'un squelette tégumentaire chitinisé et incrusté de matières minérales ; leur corps est composé de segments qui tendent à être tous semblables et sont souvent soudés les uns aux autres en plus ou moins grand nombre, formant, par exemple, un céphalothorax distinct de l'abdomen.

Leur système digestif est composé d'un œsophage, d'un vaste estomac et d'un intestin à peu près rectiligne. Les uns sont munis de canaux biliaires comme les Insectes, les autres de masses glandulaires volumineuses qui représentent le foie. La bouche est ordinairement munie d'appendices propres à la mastication ; cependant, chez les Limules, elle est entourée de pattes dont l'article basilaire joue le rôle de mâchoires. Dans les autres familles, les appendices de la bouche résultent bien nettement de la transformation d'un certain nombre de paires de pattes entre une lèvre supé-

rieure ou labre et une lèvre inférieure ou languette. La première paire de pattes transformées constitue des mandibules qui supportent l'extrémité de ces membres transformée en palpes mandibulaires. Une ou plusieurs autres paires de pattes plus ou moins modifiées et pouvant servir en même temps à la mastication et à la marche suivent la paire de mandibules. On les appelle pattes-mâchoires. Ainsi, dans les Écrevisses, on trouve une paire de mandibules, deux paires de mâchoires, et trois paires de pattes-mâchoires. Tous ces appendices masticatoires se meuvent horizontalement comme chez les Insectes.

Chez certaines espèces qui vivent en parasites sur les Poissons, les mandibules se transforment en deux stylets aigus qui s'engagent dans la lèvre inférieure et la lèvre supérieure réunies en tube, pour former un suçoir ; les pattes-mâchoires devenues inutiles se changent en appendices munis de crochets à l'aide desquels l'animal s'attache à l'hôte dont il suce le sang.

L'appareil de la circulation consiste en un cœur dont les contractions chassent le sang, liquide incolore, dans un système artériel qui se continue en un système veineux simplement lacunaire ; le sang, après avoir, en partie, passé par les branchies, se réunit dans des réservoirs ou sinus veineux et de là revient au cœur.

La respiration est aquatique, c'est-à-dire se produit aux dépens de l'air dissous dans l'eau. Chez quelques espèces elle se produit par le tégument lui-même ; mais, chez beaucoup d'autres, un certain nombre de pattes qui suivent les pattes-mâchoires se dilatent et s'élargissent en surfaces lamelleuses qui représentent des branchies avec lesquelles l'animal peut encore marcher (**Branchiopodes**), ou bien qui sont entièrement dévolues à la respiration (**Isopodes**). Enfin, les grands Crustacés ont des branchies proprement dites composées d'un nombre plus ou moins considérable de lamelles et logées dans des replis du tégument formant des cavités particulières situées de chaque côté du thorax.

Le système nerveux est très-analogue à celui des Insectes et se compose de nerfs qui se rendent à des ganglions disposés par paires sur un double cordon, mais les organes de la génération diffèrent notablement. Les sexes sont séparés sur des individus distincts,

mais les organes sont doubles par suite de la non-réunion des deux canaux déférents chez le mâle, des deux oviductes chez la femelle. L'indépendance de chacun des deux organes est telle qu'on trouve des individus mâles d'un côté et femelles de l'autre. Les testicules occupent, chez certaines espèces, un espace considérable et remontent jusque près du cerveau et dans le premier article des pattes antérieures. Il y a deux pénis, ordinairement situés dans l'article basilaire de la dernière paire de pattes thoraciques, ou sur le plastron sternal. Les membres abdominaux de la première et de la deuxième paire, très-modifiés dans leur forme, servent d'organes excitateurs. Les deux vulves sont ordinairement placées sur le dernier anneau thoracique. La fécondation se fait souvent par copulation et l'on trouve, dans ce cas, au-dessus de la vulve une vésicule copulatrice. Parfois, l'imprégnation se fait par un procédé de transport très-bizarre de la liqueur fécondante du mâle, dans les organes de la femelle, par le mâle lui-même. On a reconnu aussi dans quelques petites espèces une reproduction asexuelle. Les œufs sont ordinairement, après la ponte, retenus dans l'abdomen de la femelle jusqu'à leur éclosion.

Les Crustacés sont, comme les Arachnides, soumis à des mues fréquentes, et les jeunes, souvent très-différents des adultes, acquièrent à chaque mue les organes qui leur manquent en devenant de plus en plus semblables aux parents. C'est ainsi qu'ils s'enrichissent souvent d'une paire de pattes, des yeux et des antennes. Les yeux sont ou réticulés et composés, ou simples (ocelles), ou formés de plusieurs ocelles rapprochés. Beaucoup d'espèces n'ont qu'un seul œil ou qu'un seul groupe d'ocelles. Quelques Crustacés parasites semblent être toujours aveugles. Les antennes, souvent au nombre de deux paires dont l'une sert à la natation, peuvent, au moins pour une paire, être considérées comme des pattes modifiées.

A chaque mue, la carapace ou test est de plus en plus grande, et l'animal qui la quitte reste couvert d'un tégument mou qui se chitinise et se minéralise peu à peu. Ce test, étudié sur les grands Crustacés, se présente comme composé de trois couches : une couche extérieure cornée, sans structure apparente, que l'on peut séparer par une macération dans un acide dilué ; une couche

moyenne, aréolée, contenant des granulations pigmentaires, et une couche interne, tubuleuse, analogue à la *dentine*, qu'on étudie facilement dans la carapace prise à l'extrémité de la pince d'un Crabe, à l'aide de coupes transversales.

Les seuls Crustacés dont nous ayons à nous occuper plus spécialement sont ceux dont la taille est microscopique ou très-petite, et notamment ceux qui appartiennent aux groupes des **Branchiopodes, Phyllopodes, Entomostracés,** etc.

Ces petits Articulés sont recouverts par une carapace souvent composée de deux valves comparables à celles qui forment la coquille des Moules, d'autres fois composée d'une seule pièce. Les segments qui forment leur corps sont assez semblables entre eux et portent des appendices qui sont des pattes, des pattes-nageoires, des pattes-mâchoires ou des pattes-branchies, suivant leur position. Le nombre de ces organes varie de 2 à 60 paires. Les uns nagent par sauts brusques, ce qui leur a valu le nom de Puces-d'eau, les autres ont des mouvements moins saccadés et peuvent nager en avant, en arrière ou de côté.

Parmi les espèces que l'on rencontre le plus souvent, nous devons citer les *Cypris*, très-communs dans les citernes, les puits, etc., dont le corps est enfermé dans une carapace bivalve par l'entrebâillement de laquelle sortent les pattes et les antennes. Ces pattes sont au nombre de deux paires, la seconde, dirigée en arrière et qui ne dépasse guère les bords des valves, ne sert qu'à soutenir les ovaires. Les antennes sont au nombre de deux paires ; celles de la première paire sont longues, composées de nombreux articles et portent des touffes ou des pinceaux de poils ; les secondes ont l'apparence de pattes et sont dirigées en arrière. Toujours en mouvement, nageant avec leurs pattes et leurs pattes-antennes, ou courant sur les corps submergés, ces petits Crustacés s'enferment dans leur carapace lorsqu'ils sont en danger.

Les *Cythères* ressemblent beaucoup aux *Cypris*, mais habitent l'eau de mer. Ils ont cinq paires de pattes, et les antennes supérieures sont dépourvues de pinceaux de poils. Les dépouilles de ces Crustacés forment des couches épaisses dans les terrains tertiaires et secondaires.

Les *Cyclops*, ainsi nommés parce qu'ils n'ont qu'un œil, ou plutôt un seul groupe d'ocelles, ont une carapace composée de plusieurs pièces imbriquées qui leur forme une cuirasse laquelle n'est plus bivalve, mais recouvre entièrement le céphalothorax, ne laissant par-dessous que le passage des pattes au nombre de cinq paires. Ils ont, en outre, deux paires de pattes-mâchoires, une paire de mandibules et deux paires d'antennes dont les supérieures plus longues. Antennes et pattes sont composées de nombreux articles et garnies de touffes de poils. L'abdomen, long et mince, composé de cinq segments, sort de la carapace et ressemble à une queue ; il porte à son extrémité la véritable queue, composée d'articles plumeux. On voit distinctement l'intestin parcourir toute la longueur de l'abdomen de chaque côté duquel on observe, chez les femelles, deux grosses vésicules pleines d'œufs, vésicules qui sont des ovaires externes dans lesquels les œufs se developpent jusqu'à l'éclosion. Quelques espèces sont marines, mais un très-grand nombre habitent les eaux douces ; on trouve, en été, le *Cyclops quadricornis* dans toutes les eaux stagnantes, les citernes, les tonneaux d'arrosage, etc. Ils peuvent atteindre, surtout les femelles, la taille de $1^{mm},50$.

A côté des Cyclopes, on trouve dans presque toutes les eaux douces la Daphnie puce d'eau (*Daphnia pulex*), dont la carapace est bivalve et qui est munie de six paires de pattes avec deux paires d'antennes dont les premières longues et rameuses. Cette espèce n'a qu'un œil, un seul ovaire. Le corps tout entier du Crustacé est renfermé dans la carapace, comme une moule dans sa coquille. Cette carapace est réticulée et garnie de poils. La taille de la puce d'eau ne dépasse guère $0^{mm},50$.

On trouve encore parmi les Entomostracés un grand nombre d'espèces très-curieuses dont la taille est beaucoup plus considérable et atteint deux ou trois centimètres, les uns cuirassés, les autres nus, munis de pattes-nageoires, et se servant de leurs pattes-branchies pour marcher ; tels sont les *Branchipus*, les *Apus*, les *Artemia*, etc., qui présentent, d'ailleurs, les caractères ordinaires de la classe à laquelle ils appartiennent.

Mais si l'histoire des métamorphoses qu'éprouvent les jeunes ou

les larves des grands Crustacés est intéressante pour le zoologiste, les détails de la reproduction et les transformations qu'éprouvent les larves chez les Entomostracés sont aussi des plus curieux pour le micrographe.

Ainsi, quant à la fécondation, quoi de plus curieux que le procédé employé par un petit Crustacé, le *Cyclops Castor*, pour réaliser l'imprégnation des œufs de sa femelle. Il n'a pas de pénis et cependant l'accouplement est de règle dans sa famille. Alors, s'attachant à la partie postérieure de la femelle, à l'aide d'une paire de pattes disposées en crochets, il retire de ses canaux éjaculateurs qui aboutissent au dehors, et avec une autre paire de pattes, le sperme qu'il produit renfermé dans de petites vésicules transparentes ayant tout à fait la forme d'une bouteille; et il introduit, toujours avec ses pattes, ces petites bouteilles dans les organes de la femelle où l'eau ne tarde pas à les faire gonfler. Elles se rompent bientôt et les spermatozoïdes mis en liberté s'échappent, continuent leur chemin dans les oviductes et vont féconder les œufs.

Dans beaucoup d'espèces, la fécondation n'agit pas seulement sur les œufs qui sont à maturité au moment où elle a lieu, mais sur tous ceux qui prendront plus tard naissance dans les ovaires de la même femelle et qui seront pondus à des intervalles très-éloignés. De plus, beaucoup d'Entomostracés paraissent doués d'un mode de reproduction asexuelle analogue à celle dont les Pucerons aptères nous ont fourni un exemple. Les mâles n'apparaissent qu'à certaines époques, et, avant leur apparition, les femelles ont pondu des quantités considérables d'œufs qui ont donné naissance à des jeunes, lesquels se sont rapidement développés et ont reproduit eux-mêmes. D'après le calcul de Jurine, une seule femelle fécondée du Cyclope quadricorne peut, par ces deux modes de reproduction, mettre au jour 4,442,189,120 jeunes Cyclopes dans une seule année.

Les œufs sont quelquefois abandonnés librement dans l'eau, quelquefois fixés par groupes sur les plantes aquatiques, mais le plus souvent attachés, jusqu'à leur éclosion, à l'extrémité postérieure de la femelle, et souvent les jeunes conservent l'habitude de se réfugier sous la carapace de leur mère. Après l'éclosion, la femelle mue et, avec sa dépouille, est rejetée la capsule qui contenait les œufs,

Une mue semblable suit chaque portée d'œufs venue à terme. On observe un exemple de ce phénomène chez le *Daphnia pulex*, mais d'après les observations de M. J. Lubbock, il semble que les œufs ainsi produits résultent de la génération asexuelle; car, à certaines époques, on voit apparaître à la partie postérieure de l'animal, sous la carapace, une masse de couleur sombre, formée de cellules hexagonales et ayant l'aspect d'une selle de cheval; on l'appelle *ephippium*. Cette masse se compose de deux capsules bivalves formées aux dépens de la carapace et qui contiennent chacune un œuf. Rejetés plus tard avec la carapace elle-même, lors de la mue, ces œufs restent longtemps recouverts par l'éphippium et passent l'hiver sous cette protection pour éclore seulement au printemps. Ces œufs proviennent sans doute de génération sexuée.

On trouve dans l'histoire de certains Rotateurs et des Tardigrades qui abandonnent leurs œufs avec leur enveloppe, lors des mues, des faits analogues à ceux que nous venons de signaler, et l'on peut encore compléter l'assimilation de ces animaux avec les Entomostracés (qui pour certains auteurs, Leydig par exemple, appartiennent positivement à la même classe) en constatant la remarquable persistance de la vie chez les Entomostracés, et leur résistance à la dessiccation. Il n'est pas établi, toutefois, que ces animaux puissent être complétement desséchés comme les Rotifères, ils doivent toujours conserver une certaine quantité d'eau enfermée dans leur carapace; mais il est reconnu que leurs œufs peuvent être réduits en poussière sèche et conservés à cet état pendant tout un hiver, sans avoir rien à redouter du froid ni de la sécheresse.

Les jeunes ressemblent ordinairement très-peu aux parents pendant leurs premiers âges, mais ils subissent une rapide succession de mues dont chacune les rapproche davantage du type de l'adulte. C'est ainsi qu'on trouve presque toujours dans les eaux dormantes et les réservoirs un petit animal ovalaire ressemblant à un Brachion, se mouvant par brusques saccades à l'aide de huit pattes ciliées. C'est une larve qui, après des mues successives, revêt une carapace formée de bandes imbriquées, puis s'allonge, s'enrichit d'antennes plumeuses, d'un œil, d'un long abdomen terminé par une queue garnie de poils, et devient enfin un Cyclope à quatre antennes.

Cette forme appartient, d'ailleurs, à beaucoup de jeunes Crustacés, par exemple à ces petites espèces qui vivent en parasites sur les Poissons, comme les *Lernæa* et les *Argulus*. Ces Articules, qu'on appelle vulgairement « Poux de poisson », ne sont plus des Entomostracés, mais des Crustacés suceurs.

Le plus commun est l'*Argulus foliaceus*, petit animal d'environ 1^{mm},5 de long, couvert d'une carapace ovale, en bouclier, muni d'une sorte de trompe ou de rostre formé de deux mandibules allongées, accompagnées de deux paires de pattes-mâchoires dont les premières, larges et courtes, se terminent par une expansion arrondie qui rappelle celles des pattes de la Mouche. Les autres forment deux longs appendices articulés, terminés par des crochets. L'Argule foliacé possède, en outre, quatre paires de pattes disposées pour la nage, ce qui lui permet de quitter, quand il lui plaît, le Poisson sur lequel il s'est fixé par ses crochets, pour changer à la fois de table et de logement.

A l'état de jeunes ou de larves, nous le répétons, ces Crustacés ressemblent beaucoup aux jeunes Cyclopes.

Préparation. — Les organes des Crustacés sont, au point de vue histologique, l'objet de préparations en tout semblables, quant aux procédés opératoires, à celles que nous avons décrites soit à propos de l'histologie humaine, soit à propos de l'étude des autres animaux. Le test pourra fournir des préparations et des coupes analogues à celles qu'on exécute sur les os, les dents, etc.

Quant aux petits Crustacés, Branchiopodes, Entomostracés, etc., on les traitera, en général, comme les Acariens et on pourra les monter dans les mêmes liquides. Mais leur examen à l'état vivant est beaucoup plus intéressant, parce qu'on peut suivre dans leur intérieur la marche des matières alimentaires et observer les contractions de leur cœur. Leur taille est ordinairement assez grande pour qu'on puisse les étudier anatomiquement avec des grossissements moyens, et les Cyclopes, les Daphnies, surtout l'Argule qu'on trouve sur presque tous les têtards de grenouille, présentent, à l'état vivant, un admirable spectacle qui frappe toujours d'étonnement les personnes qui n'ont point l'habitude de ces recherches. Nous recommandons, en particulier, comme l'une des plus curieuses dis-

tractions microscopiques, l'examen d'un Argule foliacé vivant (un peu comprimé entre deux lames de verre pour qu'il ne puisse se déplacer facilement), avec un objectif N° 1 de Nachet, 4/10 de pouce (90°) de Beck ou de Swift, ou BB de Zeiss monté sur un microscope binoculaire, et avec un éclairage sur fond noir tel qu'en donne le paraboloïde de Wenham ou l'*éclairage noir* de Nachet. Le corps de l'Argule est assez mince et transparent pour qu'on puisse en sonder toute la profondeur (au besoin en retournant la préparation pour l'examiner sur ses deux faces), et comme l'organisation de ce petit animal est déjà suffisamment complète, on aura, en le voyant *vivre* sous l'objectif, une leçon des plus instructives, des plus intéressantes et des plus complètes de physiologie comparée.

FIN.

TABLE DES CHAPITRES

PREMIÈRE PARTIE

TECHNIQUE DU MICROSCOPE.

DEUXIÈME PARTIE

APPLICATIONS A L'HISTOLOGIE.

TROISIÈME PARTIE

APPLICATIONS A LA BOTANIQUE.

QUATRIÈME PARTIE

APPLICATIONS A LA ZOOLOGIE.

(INVERTÉBRÉS.)

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

D

E

Q

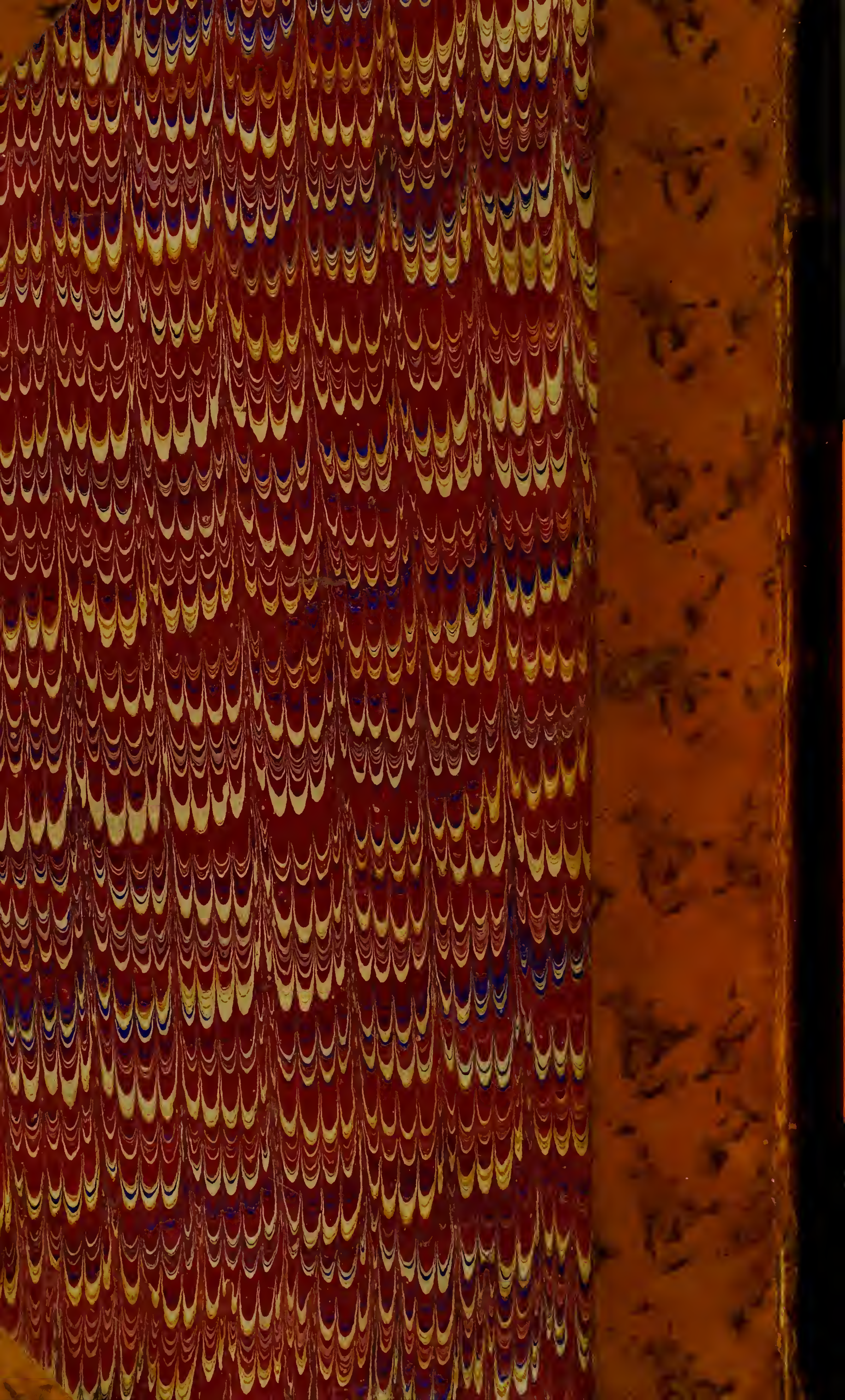
R

S

T

FIN

CORBEIL. — Typ. et stér. de CRÉTÉ FILS.



Pages 256-257
(leaves 276-277)
skipped as they
were glued
together.

